

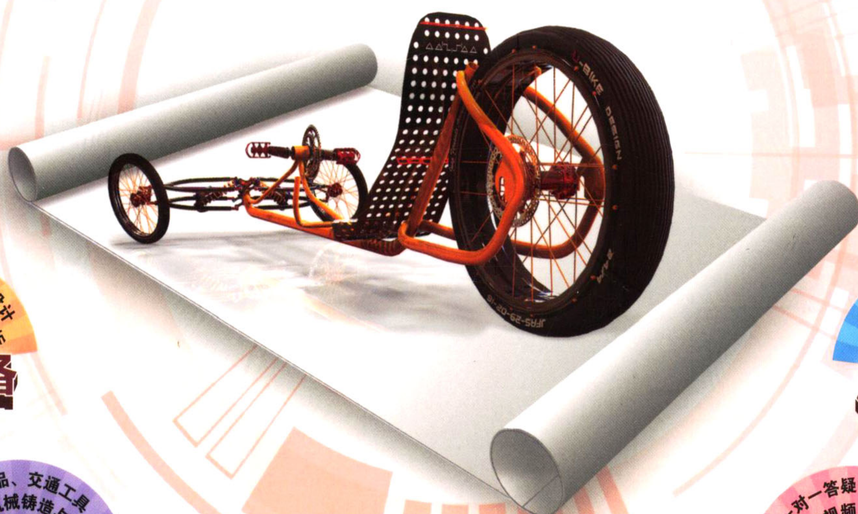





二维草图 + 零件建模 + 装配设计 + 仿真分析 + 视频教学 + 在线互动

# 中文版 UG NX 12 从入门到精通

史丰荣 孙岩志 徐宗刚 等编著



草图、实体建模、曲面设计 装配工程图、仿真与分析
**体系完备**

设计之门等教育机构 免费咨询及就业指导
**产学结合**

工业产品、交通工具 钣金、机械铸造与模具
**行业应用**

一对一答疑、技能辅导 多媒体视频、网络教学
**在线互动**

建模流程图、零件草图 工程图及机械装配图
**图解教学**

温馨提示、技巧点拨 实战案例、论坛精华帖
**拓展解析**





扫码附赠

所有案例素材、模型、图纸和教学视频等实用资料，腾讯、网易等大型平台在线教育课程，以及海量设计资源，稍加改动即可应用于实际工作中



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

## 本书作者

**徐宗刚：** 机械设计与制造教研室副主任，主持省职工教育课题1项、参与3项，参与横向课题1项，主持院级教改课题1项，省级资源共享课主讲教师，院级教学团队骨干成员。

**史丰荣：** 从事机械制造与自动化方面的教学十余年，研究方向为机械制造与自动化。

**孙岩志：** 从事模具设计与制造方面的教学，参与省级教学改革3项，省级精品课程负责人，省级教学团队骨干教师。


## 系列图书

- 中文版UG NX 12从入门到精通
- 中文版SolidWorks 2018从入门到精通
- 中文版Creo 4.0从入门到精通
- 中文版CATIA V5-6 R2017从入门到精通
- 中文版Moldflow 2018模流分析从入门到精通
- Alias 2018产品设计从入门到精通
- 新工业革命：UG NX综合建模与3D打印
- 新工业革命：Creo综合建模与3D打印
- 中文版AutoCAD 2016从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016机械设计从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016室内装潢从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016电气设计从入门到精通：实战案例版

## 设计论坛技术支持



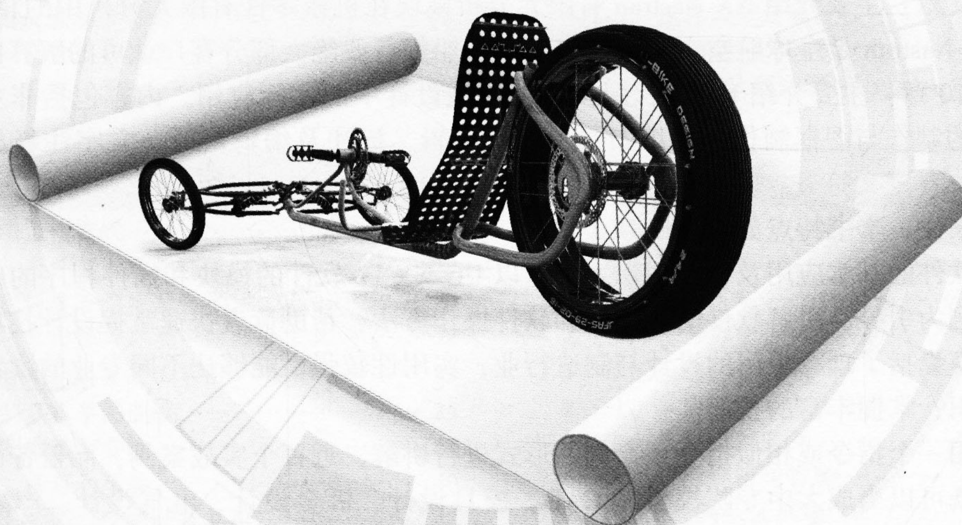
- 三维网http://www.3dportal.cn/discuz/portal.php
- 开思网https://www.icax.org/



二维草图 + 零件建模 + 装配设计 + 仿真分析 + 视频教学 + 在线互动

# 中文版 UG NX 12 从入门到精通

史丰荣 孙岩志 徐宗刚 等编著





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

# 前　言

UG 是当前应用广泛、具备强大竞争力的大型集成软件之一，涉及产品设计、零件装配、模具设计、NC 加工、工程图设计、模流分析、自动测量和机构仿真等功能。该软件能够改善整体流程以及流程中各步骤的效率，应用于航空航天、汽车、通用机械和造船等领域。

本书基于 UG NX 12 软件的全功能模块，对各个模块进行了全面细致的讲解，包括 UG NX 12 基本操作及命令的使用，并配以大量的制作实例，全书共 10 章。

- 第 1 章：主要介绍 UG 软件的基本概况、视图、软件环境、基准工具等内容。
- 第 2 ~6 章：主要介绍跟机械零件设计相关的功能指令，包括草图的绘制、基础特征建模、特征变换操作、曲线与曲面设计及参数表达式建模等内容。
- 第 7 章：主要介绍机械零件的装配形式、装配指令的应用，以及在装配环境下进行零件设计与装配的全过程等内容。
- 第 8 章：主要介绍 UG 机构仿真与动画设计的相关内容，包括运动模型的创建、连杆定义、运动副的创建、结算方案与求解、仿真结果与动画的制作输出等内容。
- 第 9 章：主要介绍 NX Nastran 有限元分析模块在机械零件有限元分析中的相关运用。NX Nastran 是全球航空、航天、汽车、造船等行业绝大部分客户认可的解算器。
- 第 10 章：主要介绍 UG 工程图模块在机械设计中的实际应用。内容包括非主模型模板的制作与图框制作、图纸布局、图纸编辑、标注及编辑修改、文字注释与公差添加、自定义符号、明细表制作等相关制图功能。

概括来说，本书特点如下。

• 从软件的基本应用及行业知识入手，以 UG NX 12 软件的模块和插件程序的应用为主线，以实例为引导，讲解软件的新特性和软件操作方法，帮助读者快速掌握设计技巧。

• 内容囊括了现今热门的设计与制造行业，实用性较强，能够让不同专业的读者学习到需要的知识，掌握丰富的技能。

• 采用一个指令或相似指令 + 案例的形式进行讲解，近百个实战案例，涵盖各行业。

本书既可以当成大中专院校机械 CAD、模具设计、钣金设计、电气设计、产品设计等专业的培训教程，也可以当成对制造行业有浓厚兴趣读者的案头参考指南。

本书由山东烟台工程职业技术学院机械工程系的史丰荣、孙岩志和徐宗刚负责主要编写。参与内容编写和案例测试的还包括：张红霞、孙占臣、罗凯、刘金刚、王俊新、董文洋、张学颖、鞠成伟、杨春兰、刘永玉、金大玮、陈旭、黄晓瑜、王全景、田婧、戚彬、马萌、赵光、张庆余、王岩、刘纪宝、任军、郝庆波、李勇、秦琳晶、黄成、吕英波、黄建峰、王晓丹、张雨滋等，他们为完成本书的编写提供了大量的帮助。

感谢您选择了本书，希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

# 目　　录



前　言

第 1 章　UG NX 12 设计入门 …… 1
1.1　UG NX 12 工作界面 …… 2
1.2　UG 系统参数配置 …… 4
1.2.1　语言环境变量设置 …… 4
上机操作 设置语言环境变量 …… 5
1.2.2　用户默认设置 …… 6
上机操作 用户默认设置 …… 6
1.2.3　首选项设置 …… 6
1.3　视图操控方式 …… 9
1.3.1　利用键鼠功能操控视图 …… 10
1.3.2　利用视图命令操控视图 …… 10
上机操作 视图缩放操作 …… 11
1.3.3　设置模型样式 …… 12
1.3.4　设置定向视图 …… 14
1.3.5　设置背景 …… 15
1.4　UG 基准 …… 15
1.4.1　基准点 …… 15
1.4.2　基准平面 …… 16
上机操作 基于已有模型创建参考平面 …… 18
1.4.3　基准轴 …… 19
上机操作 创建基准轴 …… 19
1.4.4　基准坐标系 …… 20
上机操作 创建基准坐标系 …… 20
1.5　建模流程引导——沐浴露瓶设计 …… 21
1.5.1　设计分析 …… 21
1.5.2　沐浴露瓶建模过程 …… 23
1.6　常见技巧解析与答疑 …… 24
1.7　UG 工程师认证试题（一） …… 26

第 2 章　草图绘制与编辑 …… 28
2.1　草图工作方式 …… 29
2.1.1　两种草图任务环境 …… 29
2.1.2　创建与指定草图平面 …… 30
2.1.3　草图任务环境中的辅助工具 …… 32
上机操作 重定位草图 …… 33
2.2　绘制基本草图曲线 …… 35
2.3　草图编辑与变换 …… 40
2.3.1　修剪和延伸 …… 40
上机操作 绘制叶片草图 …… 42
2.3.2　曲线复制 …… 43
2.4　草图约束 …… 47
2.4.1　尺寸约束 …… 47
2.4.2　几何约束 …… 48
2.5　草图绘制综合训练 …… 50
2.5.1　草图技巧与方法分析 …… 50
2.5.2　草图绘制案例 …… 53
2.6　常见技巧解析与答疑 …… 58
2.7　UG 工程师认证试题（二） …… 60

第 3 章　基础特征建模 …… 62
3.1　基于截面的扫描型特征 …… 63
3.1.1　拉伸 …… 63
3.1.2　旋转 …… 67
3.1.3　沿引导线扫掠 …… 68
3.1.4　管道 …… 69
上机操作 双刀头电动剃须刀造型 …… 70
3.2　附加特征 …… 75
3.2.1　抽壳 …… 75
3.2.2　螺纹 …… 75
3.2.3　拔模 …… 76
3.2.4　边倒圆 …… 77
3.2.5　倒斜角 …… 78
3.2.6　孔特征 …… 79
上机操作 管件设计 …… 79

3.3 建模技法详解与训练 …… 86
3.3.1 三维建模看图与建模思路分析 …… 86
3.3.2 建模训练——摇柄零件设计 …… 89
3.4 常见技巧解析与答疑 …… 94
3.5 UG 工程师认证试题（三） …… 99

第 4 章 特征变换操作 …… 102

4.1 移动对象操作 …… 103
4.1.1 距离 …… 103
4.1.2 角度 …… 103
4.1.3 点之间的距离 …… 103
4.1.4 径向距离 …… 104
4.1.5 点到点 …… 104
4.1.6 根据三点旋转 …… 105
4.1.7 将轴与矢量对齐 …… 105
4.1.8 CSYS 到 CSYS …… 105
4.1.9 动态 …… 106
4.1.10 增量 XYZ …… 106
上机操作 增量移动操作 …… 107
4.2 关联复制操作 …… 109
4.2.1 阵列特征 …… 109
上机操作 创建变化的阵列 …… 113
4.2.2 镜像特征与镜像几何体 …… 116
4.2.3 抽取几何 …… 117
4.3 修剪操作 …… 118
4.3.1 修剪体 …… 118
4.3.2 拆分体 …… 118
上机操作 制作排球 …… 119
4.4 建模技法详解与训练 …… 124
4.4.1 建模训练——减速箱上箱体建模 …… 124
4.4.2 建模训练——减速箱下箱体建模 …… 130
4.5 常见技巧解析与答疑 …… 137
4.6 UG 工程师认证试题（四） …… 137

第 5 章 曲线与曲面设计 …… 140

5.1 曲线设计 …… 141
5.1.1 以数学形式定义的曲线 …… 141
上机操作 创建吊钩曲线 …… 142
5.1.2 由几何体计算而定义的曲线 …… 148
5.1.3 过点、极点或用参数定义的曲线 …… 149
上机操作 创建正弦线 …… 150
上机操作 创建渐开线 …… 152
上机操作 创建螺旋线 …… 153
5.1.4 曲线编辑 …… 154
5.2 曲面设计 …… 155
5.2.1 直纹面 …… 156
上机操作 创建直纹面 …… 156
5.2.2 通过曲线组 …… 159
上机操作 通过曲线组构建曲面 …… 160
5.2.3 通过曲线网格 …… 166
上机操作 通过曲线网格构建曲面 …… 166
5.2.4 扫掠曲面 …… 168
上机操作 创建扫掠曲面 …… 169
5.2.5 N 边曲面 …… 170
5.3 曲面造型训练——花篮造型 …… 171
5.4 UG 工程师认证试题（五） …… 178

第 6 章 参数表达式建模 …… 181

6.1 特征表达式 …… 182
6.1.1 表达式的基本组成 …… 182
6.1.2 表达式的语言 …… 182
6.1.3 表达式的分类 …… 184
6.1.4 【表达式】对话框 …… 186
上机操作 深沟球轴承表达式建模 …… 188
6.2 装配体部件间的表达式 …… 193
6.2.1 UG 部件间表达式的定义 …… 193
6.2.2 创建部件间表达式的方法 …… 194
上机操作 创建部件间的表达式 …… 197
6.3 用户自定义特征（UDF） …… 200
上机操作 UDF 的应用 …… 203
6.4 UG 工程师认证试题（六） …… 208

第7章 机械装配设计 …… 210

7.1 组件装配形式 …… 211
7.1.1 进入装配环境 …… 211
7.1.2 自底向上装配 …… 211
上机操作 自底向上装配设计 …… 212
7.1.3 自顶向下装配 …… 216
上机操作 由分到总设计模式 …… 216
7.2 编辑组件 …… 218
7.2.1 新建父对象 …… 218
7.2.2 阵列组件 …… 219
上机操作 创建组件阵列 …… 219
7.2.3 替换组件 …… 220
上机操作 替换组件 …… 221
7.2.4 移动组件 …… 221
7.2.5 装配约束 …… 222
上机操作 装配约束 …… 225
7.2.6 镜像装配 …… 228
上机操作 镜像装配组件 …… 228
7.2.7 抑制组件和取消抑制组件 …… 230
7.2.8 WAVE 几何链接器 …… 230
7.3 爆炸装配 …… 231
7.3.1 新建爆炸图 …… 232
7.3.2 编辑爆炸图 …… 232
上机操作 创建并编辑爆炸图 …… 232
7.3.3 自动爆炸组件 …… 234
7.3.4 取消爆炸组件 …… 234
7.3.5 删除爆炸图 …… 235
7.4 装配建模训练——台虎钳装配设计 …… 235
7.5 UG 工程师认证试题（七） …… 242

第8章 机构动画与仿真分析 …… 243

8.1 UG 运动仿真概述 …… 244
8.1.1 运动仿真工作界面 …… 244
8.1.2 运动预设置 …… 245
8.1.3 创建运动仿真 …… 246
8.2 运动模型管理 …… 247
8.2.1 运动导航器 …… 247
8.2.2 干涉与追踪 …… 250
8.3 连杆 …… 251
8.3.1 定义连杆 …… 251
8.3.2 定义连杆材料 …… 253
8.4 运动副 …… 253
8.4.1 定义 …… 254
8.4.2 摩擦 …… 256
8.4.3 驱动 …… 256
8.5 创建解算方案与求解 …… 257
8.5.1 创建解算方案 …… 257
8.5.2 求解运动方案 …… 257
8.6 运动仿真和结果输出 …… 258
8.7 机构仿真设计训练——凸轮机构运动仿真 …… 259
8.8 UG 工程师认证试题（八） …… 265

第9章 NX Nastran 有限元分析 …… 268

9.1 有限元分析基础 …… 269
9.1.1 有限元法及其计算 …… 269
9.1.2 在机械工程领域内可用有限元法解决的问题 …… 271
9.1.3 UG NX 仿真环境 …… 271
9.2 有限元分析模型的准备 …… 275
9.2.1 设置分析环境 …… 275
上机操作 设置有限元分析环境 …… 275
9.2.2 简化模型 …… 279
上机操作 理想化几何体 …… 281
上机操作 移除几何特征 …… 283
9.2.3 分析模型的材料设置 …… 285
9.3 网格划分 …… 287
9.3.1 网格单元 …… 287
9.3.2 网格划分要注意的问题 …… 288
9.3.3 网格划分工具 …… 289
9.3.4 模型与网格质量检查 …… 295
9.4 有限元分析训练——曲柄零件的线性静态分析 …… 296
9.5 UG 工程师认证试题（九） …… 309

第10章 机械工程图设计 …… 312

10.1 制图工作环境 …… 313
10.2 创建图纸与工程图视图 …… 313
10.2.1 建立图纸 …… 313
10.2.2 基本视图 …… 314




10.2.3 投影视图 …… 317
10.2.4 局部放大视图 …… 317
10.2.5 剖切视图 …… 318
10.3 尺寸标注 …… 322
10.4 工程图注释 …… 323
10.4.1 文本注释 …… 323
10.4.2 形位公差标注 …… 325
10.4.3 粗糙度标注 …… 326
10.5 表格 …… 328
10.5.1 表格注释 …… 328
10.5.2 零件明细表 …… 328
10.5.3 编辑表格 …… 328
10.5.4 编辑文本 …… 329
10.5.5 插入行和列 …… 329
10.5.6 调整大小 …… 330
10.5.7 合并或取消合并 …… 331
10.6 工程图绘制训练 …… 331
10.6.1 零件工程图——轴工程图设计 …… 331
10.6.2 装配工程图——台虎钳装配工程图设计 …… 337
10.7 UG 工程师认证试题（十） …… 344

# 第 1 章

# UG NX 12 设计入门



## 本章导读

UG 是一款功能强大的三维设计软件，主要应用于航空航天、机械制造、化工、电子、工业设计等领域。要迅速掌握 UG 软件的设计功能，就要首先了解软件的界面、基本视图操控、模型操作、环境设置等相关基础操作和专业术语。本章详细介绍这些入门知识。



## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案　例　图 | 描　　述 |
| --- | --- |
| 喷嘴<br>气压装置<br>瓶盖<br>瓶身<br>吸管 | 入门引导案例中介绍 UG 产品造型设计的一般流程。沐浴露瓶是一个小型气压装置，从结构上看，沐浴露瓶由瓶身和瓶嘴构成，瓶身仅有一个组成部件，瓶嘴则由喷嘴、气压装置、瓶盖等部件组成 |
| 构建曲线　瓶盖设计　气压装置设计<br>瓶身设计　把手设计　瓶嘴设计 | 沐浴露瓶总体设计包括曲线构建、瓶盖设计、瓶身曲面构建、气压装置、把手、瓶嘴等实体构建及最终的装配建模等工作 |

# 1.1 UG NX 12 工作界面

UG NX 12 采用了与微软 Office 类似的带状选项卡界面环境。

1. UG NX 12 欢迎界面

在桌面上双击 NX 12 图标或者选择【开始】|【程序】|【UGS NX 12.0】|【NX 12.0】命令，启动 UG NX 12，如图 1-1 所示。

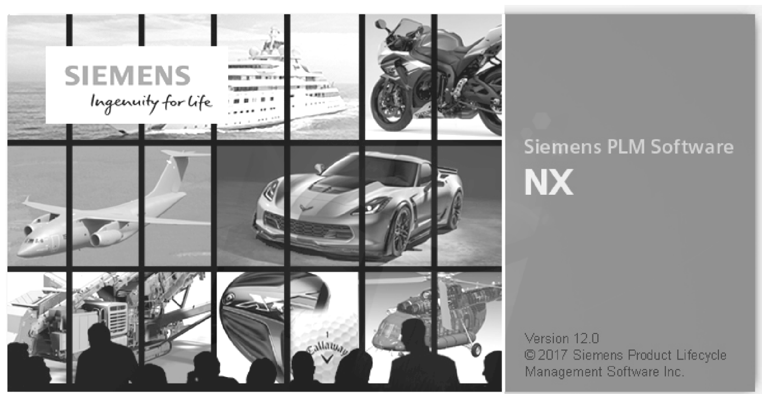



图 1-1　启动 UG NX 12

随后进入 NX 12 的入口模块（欢迎界面），欢迎界面中包含软件模块、角色、定制、命令等功能的简易介绍，如图 1-2 所示。




图 1-2　NX 12 欢迎界面

2. UG NX 12 建模环境

建模环境界面是用户应用 UG 软件的产品设计环境界面。在欢迎界面窗口中【标准】选项卡上单击【新建】按钮，弹出【新建】对话框，用户可通过此对话框为新建立的模型文件重命名，或重设文件保存路径，如图 1-3 所示。

| 技巧点拨 | 在 UG NX 12 软件中，可以打开中文路径下的部件文件，也可将文件保存在中文命名的文件夹中。 |
| --- | --- |




图 1-3　新建模型文件

重设文件名及保存路径后单击【确定】按钮，即可进入 UG NX 12 的建模环境界面，建模环境界面如图 1-4 所示。




图 1-4　建模环境界面

建模环境界面窗口主要由快速访问工具条、选项卡、功能区、上边框条、信息栏、资源条、导航器和图形区组成。如果读者喜欢经典的 UG 环境界面，可以按下【Ctrl +2】快捷键打开【用户界面首选项】对话框，然后在【布局】选项面板中选择【经典工具条】选项，在【主题】选项面板中选择【经典】选项即可，如图 1-5 所示。

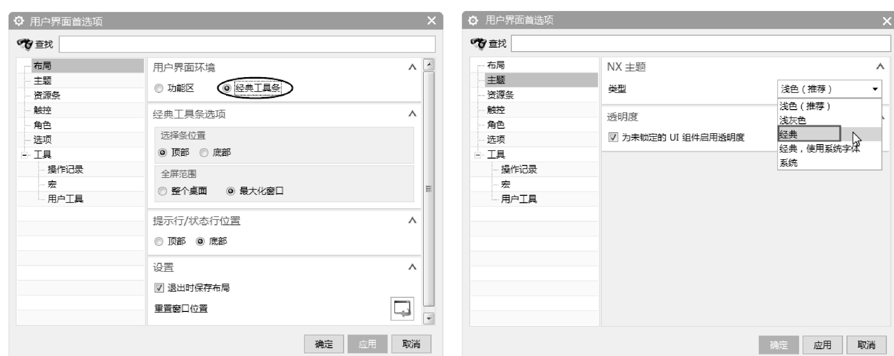


图 1-5　切换到经典界面

| 技巧点拨 | 在调出经典界面之前，要先在计算机系统的环境变量中添加用户变量（非系统变量）名【UGII_DISPLAY_DEBUG】，变量值为 1。 |
|---|---|

切换的经典界面如图 1-6 所示。

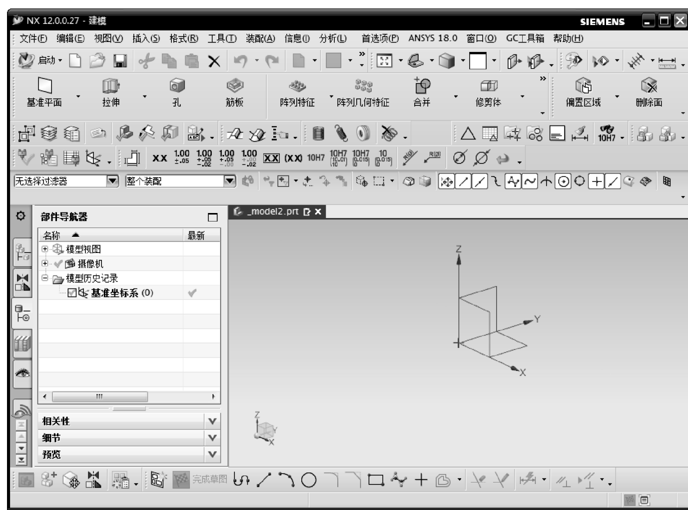


图 1-6　经典界面

## 1.2　UG 系统参数配置

UG 的系统参数一般采用默认设置，但为了设计需要，用户可自定义配置参数。UG 的系统参数配置分为【语言环境变量设置】【用户默认设置】和【首选项设置】。下面就这几类参数设置进行简要介绍。



### 1.2.1　语言环境变量设置

在 Windows 系列操作系统中，软件的工作路径是由系统注册表和环境变量来决定的。在安装 UG NX 12 以后，会自动创建 UG 的语言环境变量。语言环境变量的设置可使 UG 操作界面语言由中文改为英文或其他国家语言，或者是由英文、其他国家语言改为中文。

| 技巧点拨 | UG NX 12 不再支持 Windows XP 系统。 |
|---|---|

## 上机操作——设置语言环境变量

进行语言环境变量设置的操作步骤如下。

**01** 在桌面上右击，执行【我的电脑】|【属性】命令，弹出【控制组】窗口。在窗口中选择左栏中【高级系统设置】选项，弹出【系统属性】对话框，如图 1-7 所示。




图 1-7 【系统属性】对话框

**02** 在【系统属性】对话框中单击【高级】标签，然后在此选项卡下单击【环境变量】按钮，如图 1-8 所示。

**03** 随后弹出【环境变量】对话框。在【系统变量】列表框中选择要编辑的系统变量【UGII_LANG simpl_chinese】，接着单击【编辑】按钮，如图 1-9 所示。

**04** 弹出【编辑系统变量】对话框，将变量值【simpl_chinese】改为【simpl_english】，并单击【确定】按钮，完成由中文改为英文的环境变量设置，如图 1-10 所示。




图 1-8 单击【环境变量】按钮




图 1-9 选择要编辑的系统变量

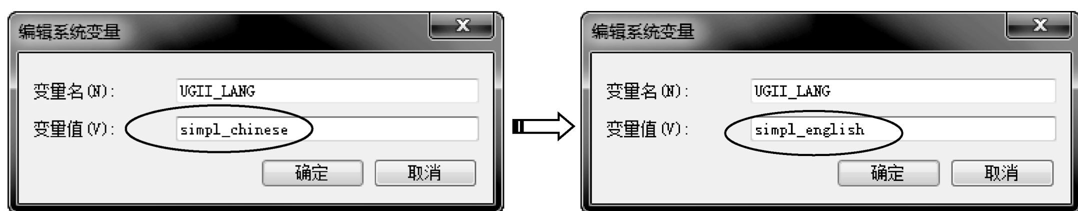



图 1-10　编辑系统变量值

**05**　重新启动 UG，所设置的环境变量参数即可生效。



## 1.2.2　用户默认设置

【用户默认设置】是指在站点、组、用户级别控制命令、对话框的初始设置和参数。

### 上机操作——用户默认设置

**01**　在菜单栏中执行【文件】|【实用工具】|【用户默认设置】命令，如图 1-11 所示。

**02**　弹出【用户默认设置】对话框，如图 1-12 所示。



图 1-11　执行命令



图 1-12　【用户默认设置】对话框

**03**　在对话框左栏中包含了所有的功能模块（站点）及其模块中的各选项面板（组），用户选择相应模块及选项面板后，即可在对话框右边的参数设置区域中进行设置。参数设置完成后，需重启 UG 软件程序才能生效。



## 1.2.3　首选项设置

【首选项设置】主要用于设置 UG 软件的默认控制参数。在菜单栏的【首选项】菜单中提供了全部参数设置的功能，如图 1-13 所示。在设计之初，用户可根据需要对这些项目进行设置，以便后续工作的顺利进行。

下面简要介绍一些常用的参数设置，如对象设置、用户界面设置、背景设置、栅格和工作平面设置等。

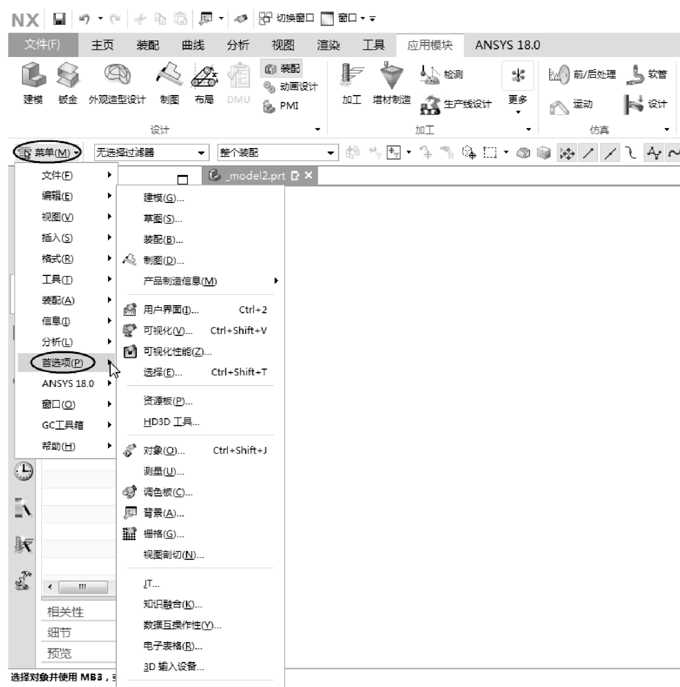


图 1-13　【首选项】菜单中的参数设置功能

| 技巧点拨 | 需要注意的是，首选项中的许多设置只对当前工作部件有效，打开或新建部件时，需要重新进行设置。 |
| --- | --- |

### 1. 对象设置

【对象设置】主要用于编辑对象（几何元素、特征）的属性，如线形、线宽、颜色等。执行【首选项】|【对象】命令，弹出【对象首选项】对话框。【对象首选项】对话框中包含三个功能标签：【常规】标签、【分析】标签和【线宽】标签。

- 【常规】标签（如图 1-14 所示）：主要用于工作图层的默认显示设置；模型的类型、颜色、线形和宽度的设置；实体或片体的着色、透明度显示设置。图 1-15 为设置线宽及颜色的前后对比。

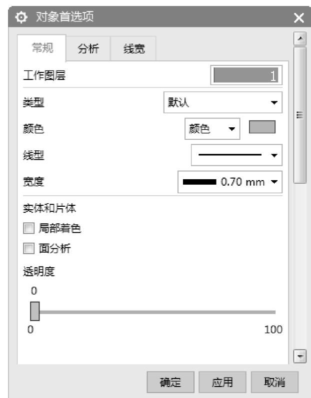


图 1-14　【常规】标签

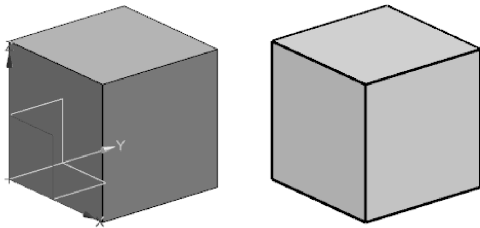


图 1-15　设置颜色和线宽的前后对比

- 【分析】标签（如图 1-16 所示）：主要用于控制曲面连续性显示、截面分析显示、偏差测量显示和高亮线的显示等。
- 【线宽】标签：设置传统宽度转换，如图 1-17 所示。

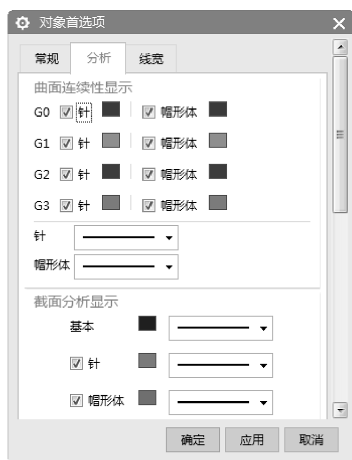



图 1-16 【分析】标签

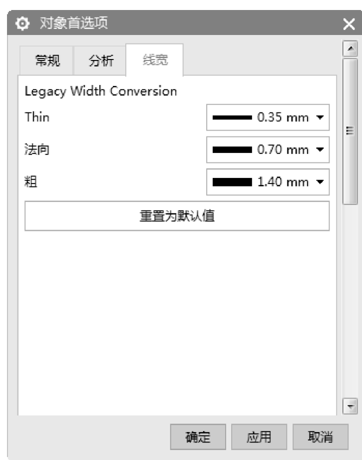



图 1-17 【线宽】标签

### 2. 用户界面设置

【用户界面设置】主要用于设置用户界面和操作记录录制行为，并加载用户工具。执行【首选项】|【用户界面】命令，弹出【用户界面首选项】对话框，如图 1-18 所示。

### 3. 背景设置

【背景设置】用于设定屏幕的背景特性，如颜色和渐变效果。执行【首选项】|【背景】命令，弹出【编辑背景】对话框，如图 1-19 所示。

屏幕背景一般为普通（仅有一种底色）和渐变（由一种或两种颜色呈逐渐淡化趋势而形成）两种情况。程序默认为【渐变】背景，若用户喜欢普通屏幕背景，则选中【着色视图】选项区的【普通】单选按钮，然后单击【普通颜色】颜色图标按钮，在随后弹出的【颜色】对话框中任选一种颜色作为背景颜色，如图 1-20 所示。




图 1-18 【用户界面首选项】对话框




图 1-19 【编辑背景】对话框

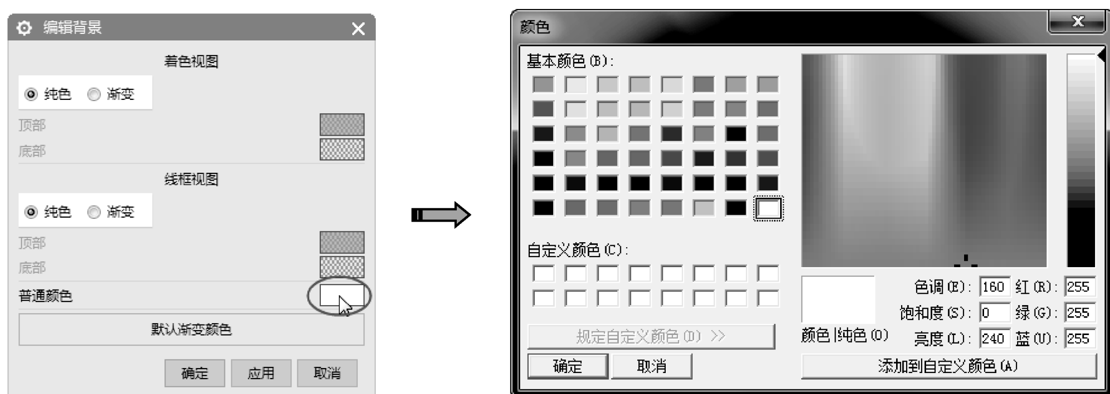



图 1-20　普通背景颜色的选择

## 1.3　视图操控方式

用户在建模过程中，利用视图工具来操作视图，可大大提高工作效率，确保设计过程顺利进行。视图工具大致分为 4 类：方位、可见性、样式和可视化。【视图】选项卡中的各视图工具如图 1-21 所示。




图 1-21　【视图】选项卡中的视图工具

为了使视图操作更加便捷，UG 提供了快捷的屏幕右键弹出菜单，如图 1-22 所示。

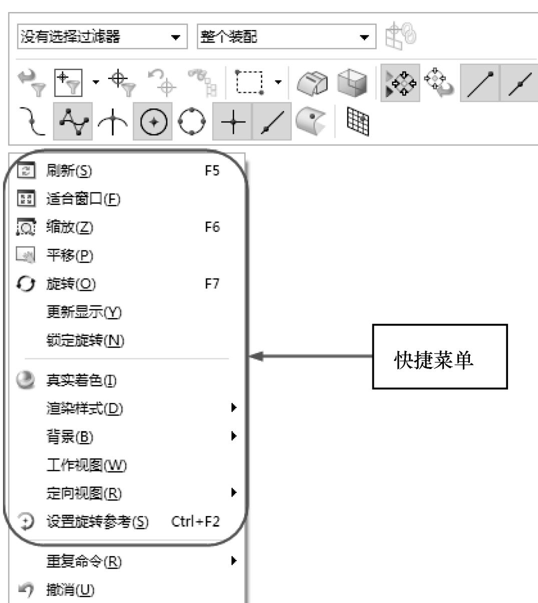



图 1-22　屏幕右键弹出菜单中的视图工具

##  1.3.1 利用键鼠功能操控视图

基于 UG 系统的特点，建议读者使用三键滚轮鼠标进行操作，可以有效提高设计效率。表 1-1 列出了三键滚轮鼠标的使用方法。

表 1-1　三键滚轮鼠标的使用方法

| 鼠标按键 | 作　　用 | 操作说明 |
|---|---|---|
| 左键 | 用于选择命令、按钮和绘制几何图元 | 单击或双击鼠标左键，可形成不同的效果 |
| 中键（滚轮） | 放大或缩小视图（相当于 ） | 按住 Ctrl + 中键并上下移动光标，可放大或缩小视图；直接滚动滚轮，也可放大或缩小视图 |
| | 平移（相当于 ） | 按住 Shift + 中键并移动光标，可将模型按鼠标移动的方向平移 |
| | 旋转（相当于 ） | 按住中键不放并移动光标，可旋转模型 |
| 右键 | 在图形区空白位置按住右键不放，可以通过圆盘工具条在零件或装配体模式中设置视图与窗口 | |
| | 在模型上按住右键不放，可以通过圆盘工具条编辑模型或删除模型 | |

##  1.3.2 利用视图命令操控视图

视图操作工具包括【刷新】【适合窗口】【根据选择调整视图】【缩放】【放大/缩小】【旋转】【平移】和【设置旋转参考】。它们的主要作用是调整视图及视图中模型的大小。

【根据选择调整视图】可根据选择的对象来调整该对象在视图中的合适位置，便于设计者观察视图中的单个特征对象。在图 1-23 中，选择装配模型的一个小部件进行单独放大观察。

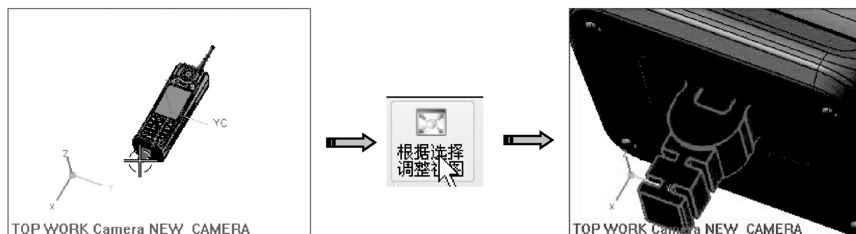



图 1-23　单独放大显示选择的对象

## 上机操作——视图缩放操作

**01** 打开本例源文件【ex1－1. prt】。执行【缩放】命令后，按住左键并在模型上要放大区域处画一个矩形，然后释放鼠标，矩形区域内的模型即被放大，如图1-24所示。

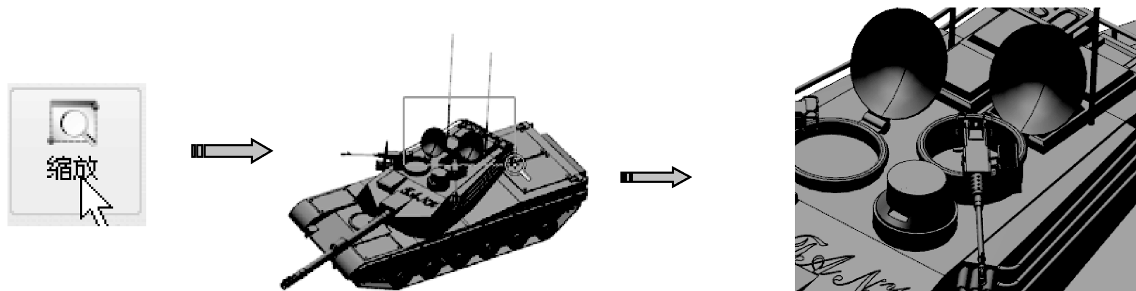



图1-24　缩放矩形区域内的模型

**02** 【放大/缩小】主要用于视图的放大或缩小。当执行【放大/缩小】命令时，按住左键并在视图中上、下、左、右移动鼠标，即可将视图放大或缩小。

**03** 在图1-25中，选择一个缩放点，然后鼠标向下或向右平移，随着橡皮筋的拉长，视图被逐步放大。

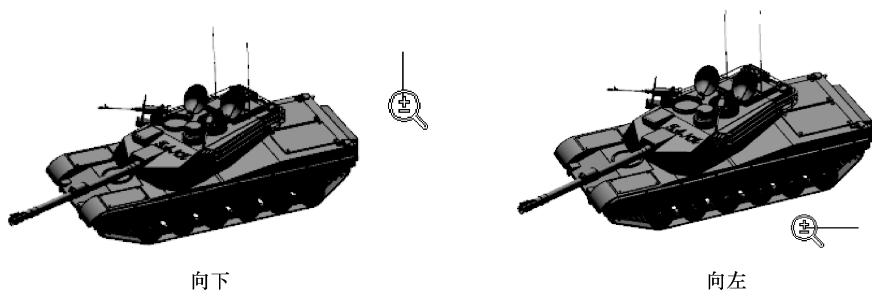



图1-25　放大视图

**04** 在图1-26中，选择一个缩放点，然后鼠标向上或向左平移，随着橡皮筋的拉长，视图被逐步缩小。

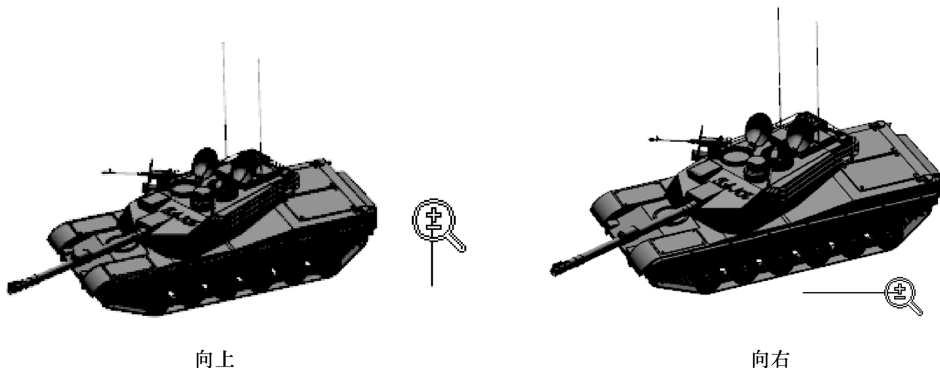



图1-26　缩小视图

技巧点拨

视图的放大或缩小过程中，以缩放点为基点鼠标平移的方向有4种，每个方向所包含的弧度为90°，如图1-27所示。因此，在90°弧度内向同一方向任意移动鼠标，视图只会放大或者缩小。

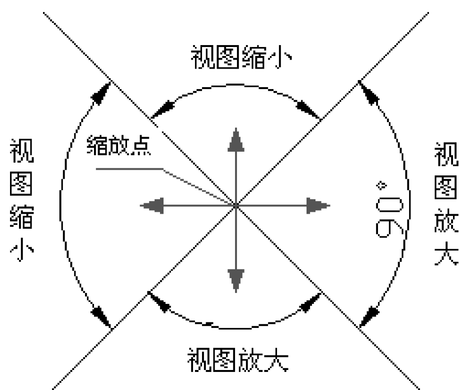



图1-27 视图缩放的方向示意图

**05** 执行右键菜单中【设置旋转参考】命令，然后在视图中选择一个位置作为旋转点位置，随后程序在该位置上自动创建一旋转点，如图1-28所示。

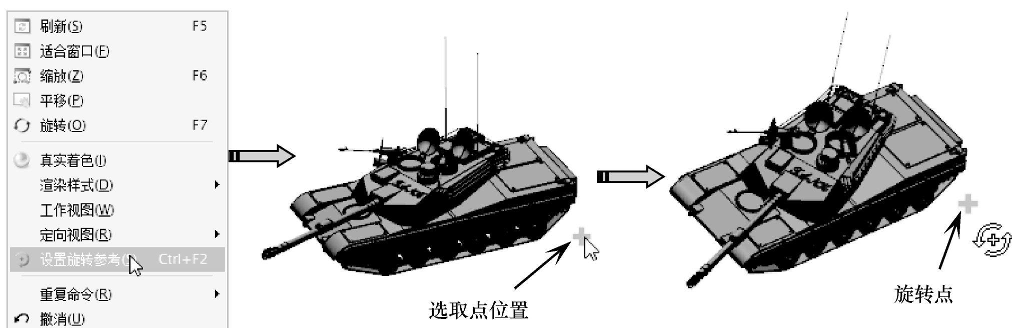



图1-28 在视图中设置旋转点

技巧点拨

【设置旋转参考】就是用户自行设置一个旋转点，将视图绕旋转点进行任意角度的旋转。旋转点的设置可通过执行右键菜单中【设置旋转参考】命令来执行或者按住鼠标滚轮延迟几秒，自动创建一个旋转点。



## 1.3.3 设置模型样式

【样式】工具是针对模型而言的，【样式】工具可快速使模型着色显示、呈边框显示、局部着色显示等。【样式】组中包括带边着色、着色、带有淡化边的线框、带有隐藏边的线框、静态线框、艺术外观、面分析和局部着色等属性。

### 1. 带边着色

【带边着色】是指用光顺着色并辅以自然光渲染，且显示模型面的边。图1-29为带边着色显示的模型。

2. 着色

【着色】是指用光顺着色并辅以自然光渲染，且不显示模型面的边。图 1-30 为着色显示的模型。

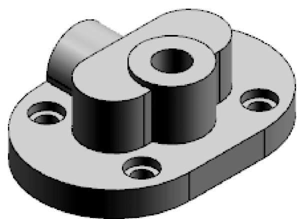


图 1-29 带边着色的模型

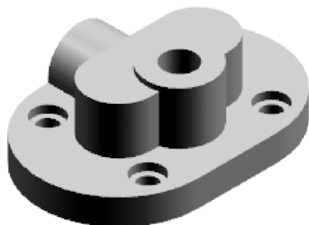


图 1-30 着色显示的模型

3. 带有淡化边的线框

【带有淡化边的线框】是指旋转视图时，用边缘几何体（只有边的渲染面）渲染（渲染成黄色）光标指向的视图中的面，使模型的隐藏边淡化并动态更新面。图 1-31 为【带有淡化边的线框】显示的模型。

4. 带有隐藏边的线框

【带有隐藏边的线框】是指仅以渲染面边缘且不带隐藏边的模型显示。图 1-32 为【带有隐藏边的线框】显示的模型。

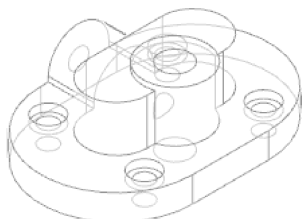


图 1-31 【带有淡化边的线框】显示模型

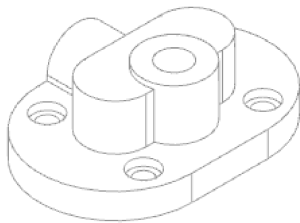


图 1-32 【带有隐藏边的线框】显示模型

5. 静态线框

【静态线框】是指用边缘几何体渲染模型上的所有面。图 1-33 为【静态线框】显示的模型。

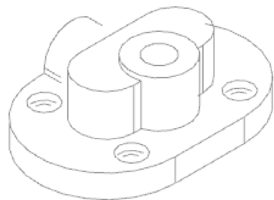


图 1-33 【静态线框】显示模型

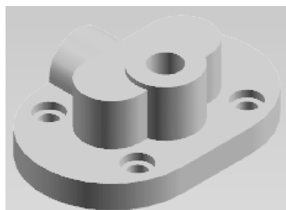
6. 艺术外观

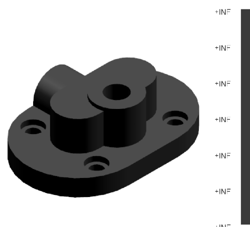
【艺术外观】是指根据指定的材质、纹理和光源实际渲染视图中的模型及屏幕背景。图 1-34 为【艺术外观】显示的模型及背景。

7. 面分析

【面分析】是用曲面分析数据来渲染视图中的面，用边缘几何体来渲染剩余的面。图 1-35 为已进行面分析的模型。

| 技巧点拨 | 要想用曲面分析数据来渲染面，需要先使用【实用】工具条上的【对象显示】工具对模型进行面分析。否则，显示的仅仅是边缘几何体渲染的模型。 |
| --- | --- |


图 1-34 【艺术外观】显示模型


图 1-35 【面分析】显示模型

8. 局部着色

【局部着色】是指通过选择装配体或多个实体模型中的单个体，使其单独着色显示，同理，要想使模型局部着色，需先使用上边框条【实用工具组】上的【对象显示】工具选择单个体以取消其局部着色显示，接着关闭【编辑对象显示】对话框。最后使用【局部着色】工具来显示局部着色的模型，图 1-36 为取消【局部着色】显示的设置过程。



图 1-36 取消单个模型的局部着色

| 技巧点拨 | 每一个着色显示的模型同时也是局部着色显示的模型。 |
| --- | --- |



## 1.3.4 设置定向视图

用户在建模时，为便于观察视图中的模型状态，需要不时地进行视图的定向。UG 视图的定向有 8 种，包括正三轴侧图、正等轴侧图、俯视图、前视图、右视图、左视图、后视图、仰视图等。设置定向视图的工具命令如图 1-37 所示的右键菜单命令和上边框条【实用

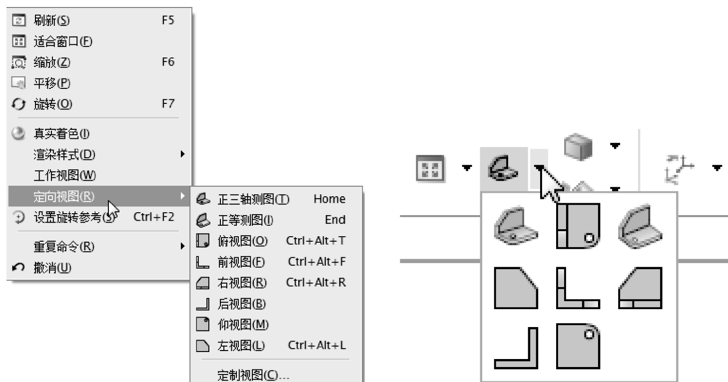


图 1-37 定向视图的工具命令

工具组】中的按钮命令。



### 1.3.5 设置背景

【背景】就是屏幕背景。上边框条【实用工具组】中提供了 4 种背景色：浅色背景、渐变浅灰色背景、渐变深灰色背景和深色背景，如图 1-38 所示。

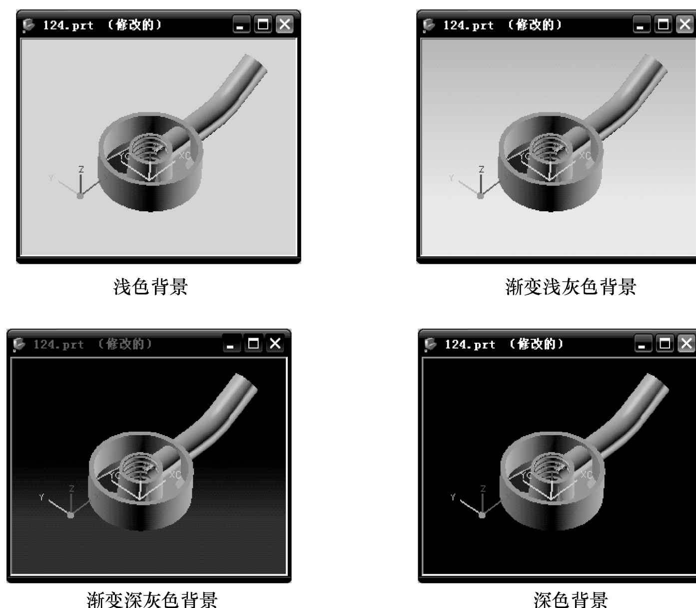



图 1-38 屏幕背景的 4 种颜色

## 1.4 UG 基准

在使用 UG 进行建模、装配的过程中，经常需要使用到点构造器、矢量构造器、坐标系等 UG 基准工具，这些工具不直接建构模型，但是起到很重要的辅助作用。下面将进行详细讲解。



### 1.4.1 基准点

无论是创建点，还是创建曲线或是创建曲面，都需要使用到点构造器。选择菜单栏中【插入】|【基准/点】|【点】命令，弹出【点】对话框，如图 1-39 所示。




图 1-39 【点】对话框

使用点构造器时，点的类型包括自动判断、光标位置、端点等。一般情况下，默认采用自动判断方式完成点的捕捉。其他类型的点在自动判断不能完成的情况下再选择使用点过滤器。

对话框中各选项含义如下。

- 端点／：捕捉曲线或者实体、片体边缘端点。
- 交点十：捕捉线与线的交点、线与面的交点。

- 存在点+：捕捉存在点的位置。
- 象限点○：捕捉圆、圆弧、椭圆的四分点。
- 圆心点⊙：捕捉圆心点、球心点、椭圆中心点。
- 控制点：捕捉样条曲线的端点、极点，直线的中点等。
- 面上点：设置 U 向和 V 向的位置百分比捕捉点。选择曲面，然后输入 U 向参数、V 向参数值即可完成捕捉点，如图 1-40 所示。
- 曲线上点：设置点在曲线的位置的百分比捕捉点，选择曲线，然后输入 U 向参数完成捕捉点，如图 1-41 所示。
- 两点之间点：在两点之间按位置的百分比创建点。选择两个点，然后输入百分比完成捕捉点，如图 1-42 所示。



图 1-40　曲面上点



图 1-41　曲线上点



图 1-42　两点之间的点

- 圆弧/椭圆上的角度点：沿圆弧或椭圆成角度的位置捕捉点。选择圆弧或椭圆，然后输入角度完成捕捉点。



### 1.4.2　基准平面

平面构造器主要用于绘图时定义基准平面、参考平面或者切割平面等。选择菜单栏中【插入】|【基准/点】|【基准平面】命令，弹出【基准平面】对话框，如图 1-43 所示。




图 1-43　【基准平面】对话框

在【基准平面】对话框中打开【类型】下拉列表，表1-2列出了列表中15种创建基准平面的方法。

表1-2 基准平面创建类型与应用方法

| 类 型 | 用 法 | 图 解 |
|---|---|---|
| 自动判断 | 由选择约束来控制确定平面的要素，比如可以选择几何特征上点或平面来创建基准平面 | |
| 按某一距离 | 通过将参照平面移动一定距离而得到新平面 | |
| 成一角度 | 通过将参照平面绕一直线旋转一定角度而得到新平面 | |
| 二等分 | 二等分包含两个意思，一是若两参照平面平行，则新平面在这两个参照平面平行距离中间。二是若两参照平面呈一定夹角，则新平面在这两参照平面角平分线上 | |
| 曲线和点 | 这是一个数学定义，空间中的一条曲线（直线、圆弧、样条曲线等）与一个点可确定一个平面 | |
| 两直线 | 由空间中相交或者平行的两直线确定一个平面 | |
| 相切 | 选择一个参照几何特征（可以为面），即可生成与其相切的新平面 | |
| 通过对象 | 通过选择对象（如点、直线、圆弧和曲面等）来创建平面 | |
| 点和方向 | 通过一个参考点与矢量方向创建平面 | |
| 曲线上 | 主要用于创建一个通过空间曲面所在的平面 | |
| YC-ZC 平面 | 以工作坐标系的 YC-ZC 平面作为新基准平面 | |

（续）

| 类　型 | 用　法 | 图　解 |
|---|---|---|
| XC-ZC 平面 | 以工作坐标系的 XC-ZC 平面作为新基准平面 | |
| XC-YC 平面 | 以工作坐标系的 XC-YC 平面作为新基准平面 | |
| 视图平面 | 以屏幕视图为新基准平面，也就是说与基准平面的创建与模型、工作坐标系无关 | |
| 按系数 | 创建一个由平面方程来定义的平面。对于一个空间来说，平面方程为：Ax + By + Cz = D，其中平面方程由系数 A、B、C、D 来确定 | |



## 上机操作——基于已有模型创建参考平面



**01** 打开本例源文件【上机操作\ 源文件\ Ch01 \ ex1-2. prt】。

**02** 在【特征】选项卡中单击【基准平面】按钮，弹出【基准平面】对话框。

**03** 选择【按某一距离】类型，然后按信息提示在实体上选择一个参照平面，如图 1-44 所示。

**04** 在【偏置】选项区的【距离】数值框中输入 50。按下【Enter】键以预览，如图 1-45 所示。

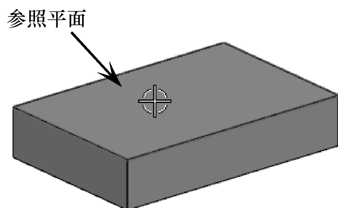



图 1-44　选择参照平面

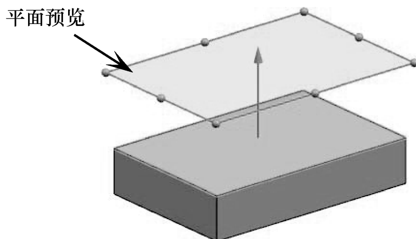



图 1-45　新基准平面预览

**05** 单击对话框中的【确定】按钮，完成新基准平面的创建，如图 1-46 所示。



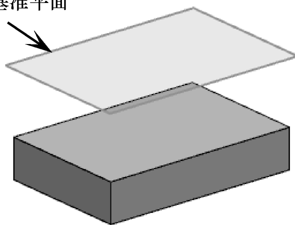




图 1-46　创建新基准平面



## 1.4.3　基准轴

基准轴工具的应用并不多，通常被矢量工具代替，矢量工具经常用于拉伸、创建基准轴、拔模等命令以及用于移动、变换等方向矢量中，选择菜单栏中【插入】|【基准/点】|【基准轴】命令，弹出【基准轴】对话框，在该对话框中可打开【类型】下拉列表，如图 1-47 所示。

矢量工具不能直接调出，通常镶嵌在其他工具内，选择菜单栏中【编辑】|【移动对象】命令，弹出【移动对象】对话框。

在【移动对象】对话框中选择【距离】运动类型，再单击【矢量】按钮，弹出【矢量】对话框，如图 1-48 所示。【矢量】对话框与【基准轴】对话框相似，用来定义矢量方向。




图 1-47　【基准轴】对话框




图 1-48　【矢量】对话框

### 上机操作——创建基准轴

**01**　打开本例源文件【ex1-3. prt】，进入到建模环境。

**02**　在【特征】选项卡中单击【基准轴】按钮，弹出【基准轴】对话框，选取【自动判断】类型，如图 1-49 所示。

**03**　然后选取圆柱体侧面，生成基准轴，如图 1-50 所示。

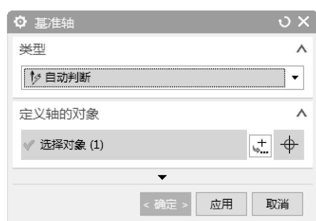



图 1-49　【基准轴】对话框

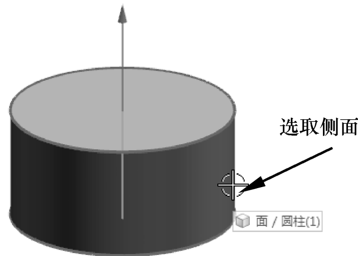



图 1-50　创建的基准轴







### 1.4.4 基准坐标系

基准坐标系工具用来创建基准 CSYS。选择菜单栏中【插入】|【基准/点】|【基准 CSYS】命令，弹出【基准 CSYS】对话框，在该对话框中可选择坐标系类型选项，如图 1-51 所示。

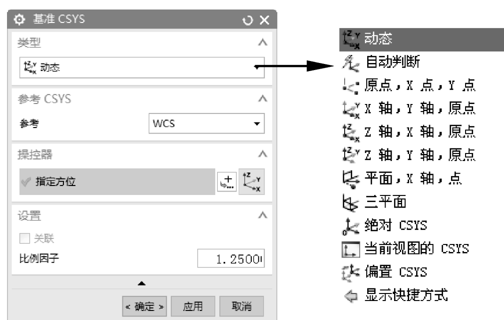



图 1-51　坐标系

#### 上机操作——创建基准坐标系

**01** 打开本例源文件【ex1-4. prt】。

**02** 单击【基准坐标系】按钮，弹出【基准坐标系】对话框。采用默认的【动态】类型，以模型中默认点作为坐标系的放置参考，如图 1-52 所示。

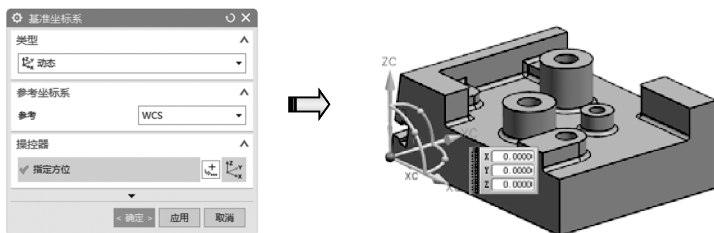



图 1-52　在默认点放置坐标系

**03** 此时的坐标系可以在 6 个自由度方向自由变换。拖动轴柄可以改变 3 个平面方向的自由度，如图 1-53 所示。

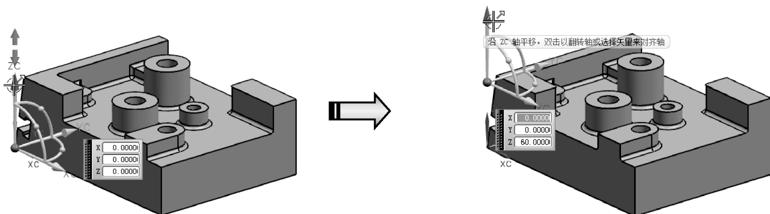



图 1-53　拖动轴柄改变坐标系位置

**04** 旋转轴柄，可以改变 3 个绕轴旋转的自由度方向，如图 1-54 所示。

**05** 在模型中选择一个参考点，重新放置基准坐标系，如图 1-55 所示。

**06** 单击【基准 CSYS】对话框中【确定】按钮，基准坐标系发生变化。前后位置及方向的对比如图 1-56 所示。

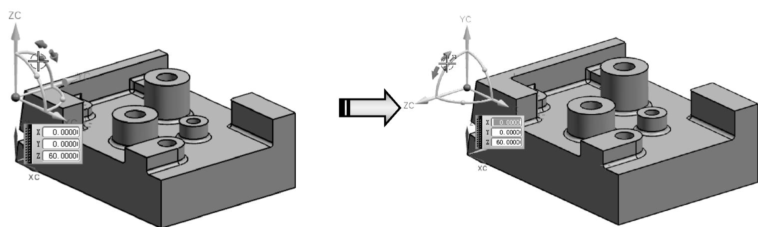


图 1-54 旋转轴柄改变坐标系方向

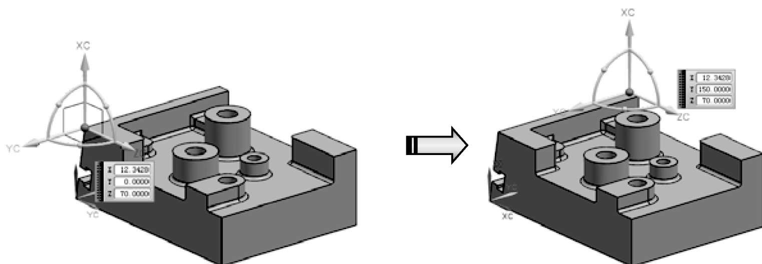


图 1-55 为基准坐标系选择新位置点

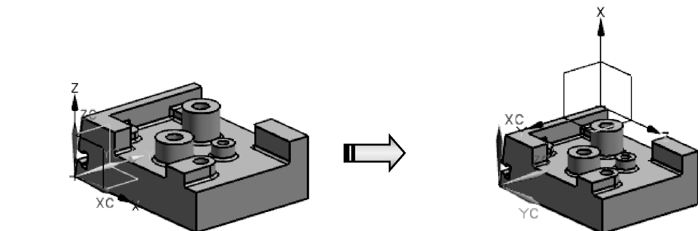



图 1-56 基准坐标系编辑前后的变化

## 1.5 建模流程引导——沐浴露瓶设计

在本节中，将以一个较为典型的案例来说明 UG 产品造型设计的一般流程。沐浴露瓶是一个小型气压装置，从结构上看，沐浴露瓶由瓶身和瓶嘴构成，瓶身仅有一个组成部件，瓶嘴则由喷嘴、气压装置、瓶盖等部件组成，如图 1-57 所示。

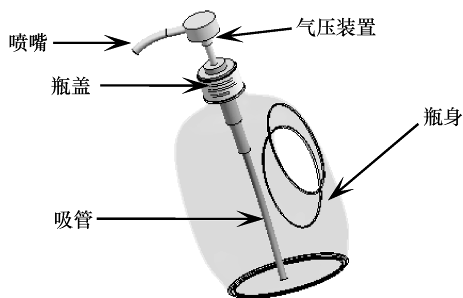



图 1-57 沐浴露瓶结构图

###  1.5.1 设计分析

通过对上图的观察，沐浴露瓶的设计思路总结如下。

1. 喷嘴设计

喷嘴由一个回转体特征和一个管道特征构成，如图 1-58 所示。在创建管道特征时，草绘参照平面可使用默认的 XC-ZC 基准平面。

2. 气压装置设计

气压装置部分由多段柱体构建，因此也可以表示为一个整体回转体特征，如图 1-59 所示。

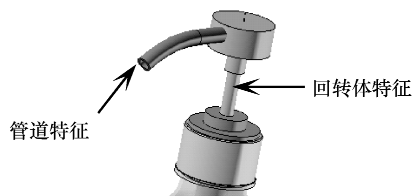


图 1-58 喷嘴设计

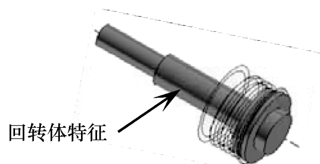


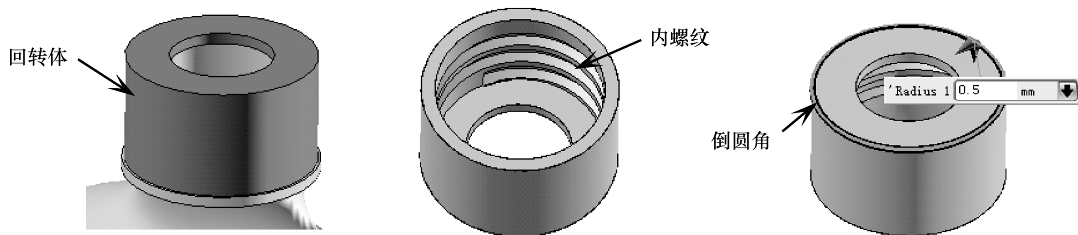
图 1-59 气压装置设计

3. 吸管设计

吸管为一段弯曲管道，可使用【扫掠】工具来创建扫掠体，也可使用【管道】工具来创建管道体。

4. 瓶盖设计

瓶盖结构比较简单，先创建一个回转体特征，然后在回转体内表面创建内螺纹特征，最后进行倒圆角处理，如图 1-60 所示。



先创建回转体→再创建内螺纹→最后倒圆角
图 1-60 瓶盖设计

5. 瓶身设计

瓶身的设计思路是：先创建出主体部分，然后创建底部凹形槽，再进行抽壳，最后创建瓶口的外螺纹特征，如图 1-61 所示。

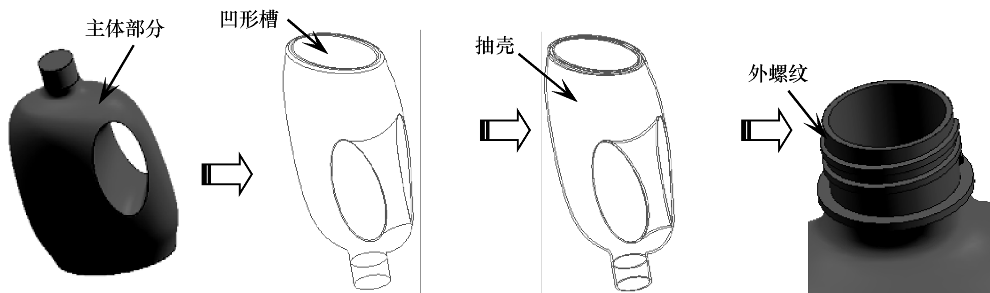


图 1-61 瓶身设计

6. 装配设计

通过装配模块提供的装配功能，将沐浴露瓶各组件装配成一个整体。



### 1.5.2 沐浴露瓶建模过程

从以上设计分析的思路得知，沐浴露瓶总体设计包括曲线构建、曲面构建、实体构建（特征建模）及装配建模等工作。

1. 曲线构建

沐浴露瓶身是自由曲面造型设计的结果。由曲线可以构建曲面，使用 UG 建模模块中【曲线】工具条的【椭圆】工具创建瓶身主体曲线。同样，把手的形状特征和瓶底凹形面也是利用【椭圆】工具来构建曲线的，如图 1-62 所示。

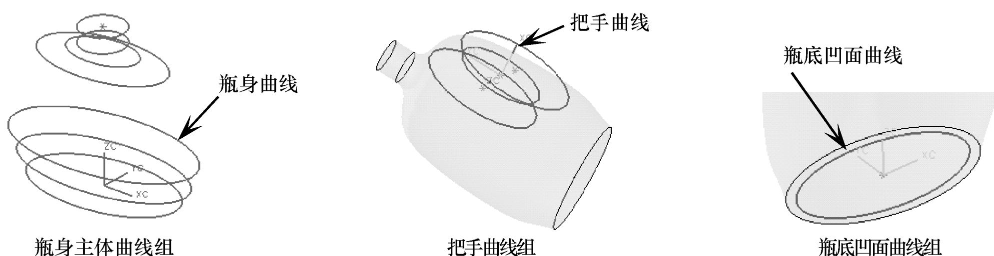



图 1-62 使用【椭圆】工具构建曲线组

2. 曲面构建

当瓶身主体曲线构建完成后，可以使用【曲面】工具条中【通过曲线组】工具，来构建瓶身曲面、把手曲面和瓶底曲面，如图 1-63 所示。

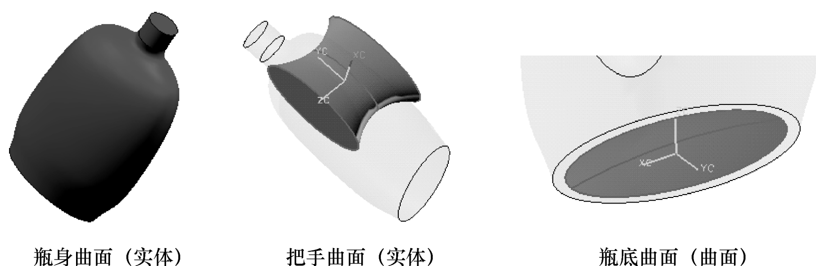



图 1-63 使用【通过曲线组】工具构建瓶身曲面

由于构建曲面的曲线是封闭曲线，因此所构建的特征实际上是实体。若构建曲面的曲线是开放式的，则最终生成的特征只能是曲面特征。例如，瓶身主体曲线和把手曲线是封闭式曲线，则生成的特征是实体，而瓶底曲线在构建曲面时需要一分为二，实际上就变成了开放式曲线，由此构建的特征是曲面。

3. 特征建模

沐浴露瓶结构中除以上曲面建模外，其余特征建模均为实体建模，例如，瓶嘴的实体建模包括【回转体】【管道】和【扫掠体】，如图 1-64 所示。

4. 装配设计

以【自底向上】的装配设计方法将沐浴露瓶各个部分（瓶身、瓶嘴和气压装置等）通过【添加组件】工具装配在一起。最终装配完成的沐浴露瓶如图 1-65 所示。

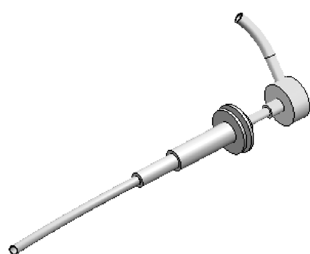


图 1-64　瓶嘴的实体建模



图 1-65　沐浴露瓶总体装配

## 1.6 常见技巧解析与答疑

### 1. 如何将图标变大？

对于新手用户来说，由于对命令的位置和名称不熟悉，难以快速、精准地找到功能区及上边框条的所需工具命令，一部分原因是图标太小不易查找。打开【定制】对话框，在【图标/工具提示】选项卡下设置功能区的图标大小，如图 1-66 所示。




图 1-66　设置图标大小

图 1-67、图 1-68 为图标大小设置前后的对比。



图 1-67　默认图标大小



图 1-68　设置后图标大小

### 2. 如何设置打开对话框时就是全部展开？

由于新用户对工具命令的使用不广泛，仅仅会用到基本的命令操作，所以 UG 系统会在工具对话框中显示常用的基本命令，很多详细设置会隐藏起来，如图 1-69 所示的【拉伸】对话框。

每次使用其他设置都要单击【扩展】按钮，比较麻烦。在菜单栏中执行【选项】|【用户界面】命令，打开【用户界面首选项】对话框。在【选项】面板中设置【对话框内容的默

认显示】为【更多】，如图 1-70 所示。




图 1-69　【拉伸】对话框




图 1-70　设置【对话框内容的默认显示】

再次打开【拉伸】对话框，对话框即显示全部选项内容，如图 1-71 所示。




图 1-71　显示完整选项内容

### 3. 如何设置 UG 快捷键?

常用 AutoCAD 的设计师都知道，任何一款软件如果都设置成 AutoCAD 的常用快捷键的命令执行方式，那么建模速度会提升很多。

打开【定制】对话框。在对话框的底部单击键盘...按钮，弹出【定制键盘】对话框。在【类别】列表中找到要设置快捷键的工具命令（找系统没有默认定义快捷键的命令），例如，

选择【拉伸】命令，你会发现系统默认的快捷键是 X，如图 1-72 所示。

选择【旋转】命令，为其设置快捷键为【Ctrl + R】，然后单击【指派】按钮，即可完成定义，如图 1-73 所示。

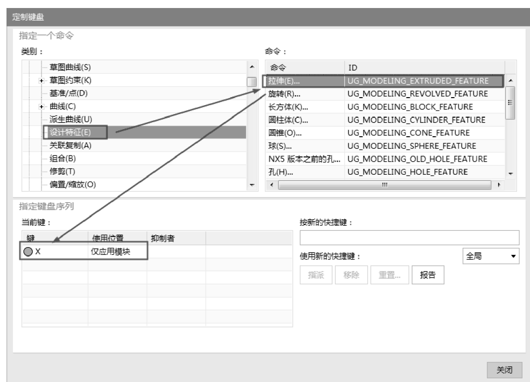



图 1-72　系统默认设置的快捷键




图 1-73　定义快捷键

## 1.7 UG 工程师认证试题（一）

### 一、单选题

（1）________模块是 UG NX 软件所有模块的基本模块，是启动该软件运行的第一个模块，并且该模块为其他模块提供统一的数据库支持和交互环境。（C）

A. 建模　　B. 制图　　C. 基本环境　　D. 加工

（2）选择【文件】|【新建】选项，将打开【文件新建】对话框，该对话框中包含 4 个选项卡，下列________选项不属于该对话框的选项卡。（C）

A. 模型　　B. 图纸　　C. 装配　　D. 仿真

（3）在 NX 的用户界面中，________区域提示用户下一步该做什么。（B）

A. 信息窗口　　B. 提示行　　C. 状态行　　D. 部件导航器

（4）使用________可以方便地更新和了解部件的基本结构，可以选择和编辑各项参数。（A）

A. 部件导航器　　B. 装配导航器　　C. 特征列表　　D. 编辑和检查工具

（5）________可以绕点旋转模型。（B）

A. 单击中键，旋转模型

B. 按住中键不放，出现绿色十字图标后旋转模型

C. 单击左键，旋转模型

D. 左右键同时按下，旋转模型

（6）在【视图】工具条中单击________按钮，可以调整工作视图的中心和比例，以显示所有对象。（D）

A. 平移　　B. 放大/缩小　　C. 缩放　　D. 适合窗口

（7）________显示样式仅用边缘几何体显示对象。必须手动更新旋转后的视图来校正

显示。 (B)

A. 带有隐藏边的线框　　B. 静态线框

C. 带有淡化边的线框　　D. 局部着色

(8) 如果想转到所选择的面与视图方向平行的视图，应使用________按键。 (D)

A. Home　B. End　C. F7　D. F8

(9) ________，可以将当前需要的图标在显示界面中调出。 (A)

A. 在工具条中，右键单击，选择【用户定制】

B. 出坞工具条，在需要的位置双击

C. 把光标放在工具条一侧，单击左键

D. 右键单击，使用浮动工具条，显示对话框

(10) ________可以定义实体密度。 (B)

A. 双击实体模型，在【特征】对话框中添加密度值

B. 在【建模首选项】中设置

C. 选择【编辑】菜单中的【对象选择】命令，进行密度设置

D. 在部件导航器中右键实体，选择【属性】命令，进行密度设置

(11) 如何用鼠标实现模型的平移? (B)

A. 左键 + 中键　B. 右键 + 中键　C. 单击右键　D. 单击左键

(12) ________是 UG NX 系统提供给用户的坐标系统，用户可以根据需要任意移动它的位置 (B)

A. 绝对坐标系（ACS）

B. 工作坐标系（WCS）

C. 机构坐标系（MCS）

D. 基准坐标系（CSYS）

**二、多选题**

(1) 视图可以绕________旋转。 (ABCD)

A. 点　B. 固定轴　C. 任意旋转轴　D. 围绕部件几何体

(2) 部件导航器有下列哪些功能：________。 (ABCD)

A. 可在详细的图形树中显示部件

B. 可以方便地更新和了解部件的基本结构

C. 可以选择和编辑树中各项的参数

D. 可以重新安排部件的组织方式

**三、判断题**

(1) 当退出 UG 时，用户界面的布置、大小、设置都将被保存。 (×)

(2) 鼠标中键（MB2）的用途只是确认选择的对象。 (×)

# 第 2 章

# 草图绘制与编辑

## 本章导读

草图知识在三维建模技术中占据相当重要的位置。因为在实体建模和曲面建模中，草图可以作为实体建模的特征横截面，在曲面建模中草图又可作为曲线进行曲面的构建。本章将详细讲解 UG NX 12 的草图设计功能和实际建模的运用技巧。

## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案 例 图 | 描 述 |
|---|---|
| | 本例图形的内部有一个完整的封闭环，这部分图形也是一个完整图形，但这个内部图形的定位尺寸参考均来自于外部图形中的【连接线段】和【中间线段】。所以绘图顺序是先绘制外部图形，再绘制内部图形 |

步骤 1：绘制外形已知线段

步骤 2：绘制外形中间线段

步骤 3：绘制外形连接线段

步骤 4：绘制内部线段

# 2.1 草图工作方式

草图绘制（简称草绘）功能是 UG NX 12 为用户提供的一种十分方便的二维绘图工具。用户可以首先按照自己的设计意图，迅速勾画出零件的粗略二维轮廓，然后利用草图的尺寸约束和几何约束功能精确确定二维轮廓曲线的尺寸、形状和相互位置。





## 2.1.1 两种草图任务环境

在 UG NX 12 中，可以在两种不同的任务环境绘制草图，包括【直接草图】环境和【在草图任务环境中打开】环境。

**1. 直接草图**

【直接草图】环境其实就是建模环境。在【直接草图】组中单击【草图】按钮，选择草图平面后显示直接草图绘制工具，如图 2-1 所示。

图 2-2 为在建模环境下绘制的草图。




图 2-1　【直接草图】草图环境

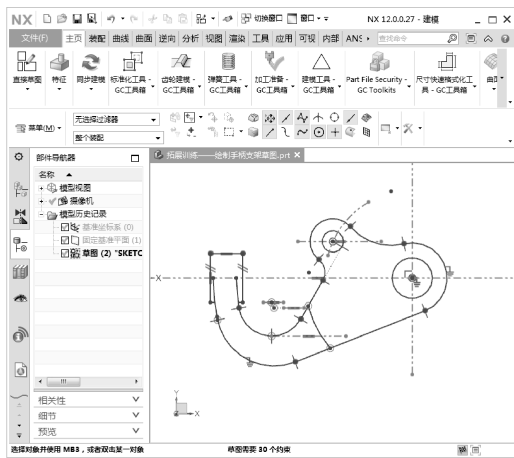



图 2-2　直接草图环境

| 技巧点拨 | 很多时候，直接草图等同于曲线，而直接草图的绘制要比创建曲线快速得多、方便得多。 |
| --- | --- |

**2. 草图任务环境**

在【直接草图】组的【更多】列表中单击【在草图任务环境中打开】命令，将由直接草图方式切换到草图任务环境。

由于直接草图中所能使用的草图编辑命令较少，若要获得更多的编辑命令，最好选择【在草图任务环境中打开】方式。

图 2-3 为在草图任务环境中绘制的草图。

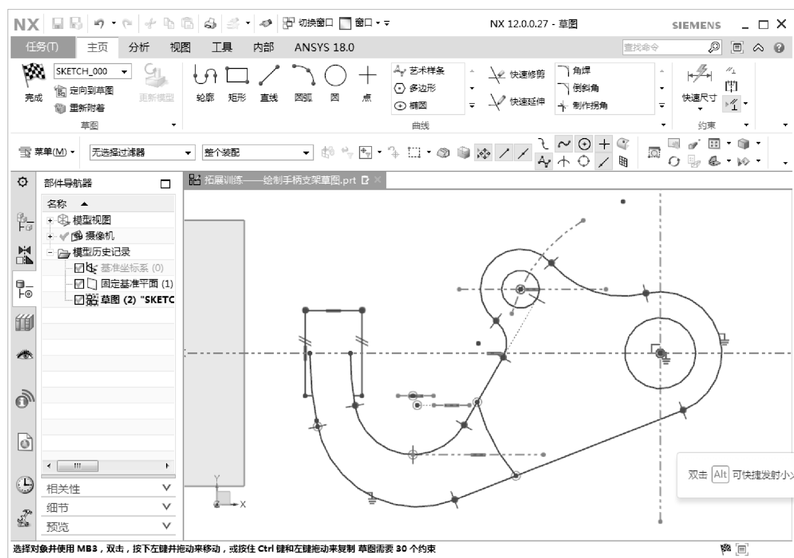


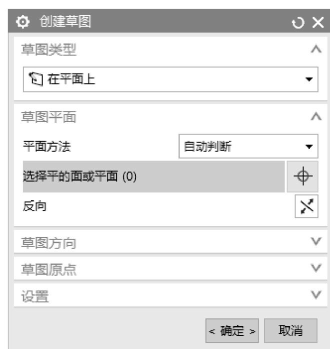
图 2-3　在草图任务环境中绘制的草图



## 2.1.2　创建与指定草图平面

在绘制草图之前，首先要根据绘制需要选择草图工作平面（简称草图平面）。草图平面是指用来附着草图对象的平面，可以是坐标平面，如 XC-YC 平面，也可以是实体上的某一平面，如长方体的某一个面，还可以是基准平面。因此草图平面可以是任一平面，即草图可以附着在任一平面上，这给设计者带来了极大的设计空间和创作自由。

在【直接草图】组中单击【草图】按钮，弹出如图 2-4 所示的【创建草图】对话框。同时，在绘图区高亮度显示 XC-YC 平面和 X、Y、Z 三个坐标轴。



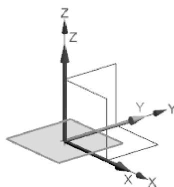




图 2-4　【创建草图】对话框

在【创建草图】对话框的【草图类型】下拉列表中（如图 2-5 所示），包含两个选项：【在平面上】和【基于路径】，用户可以选择其中的一种作为新建草图的类型。按照默认设置，选择【在平面上】选项，即设置草图类型为在平面上的草图。

### 1. 【在平面上】平面类型

将草图绘制在选定的平面或者基准平面上。用户可以自定义草图的方向、草图原点等。此类型所包含的选项内容如图 2-6 所示。

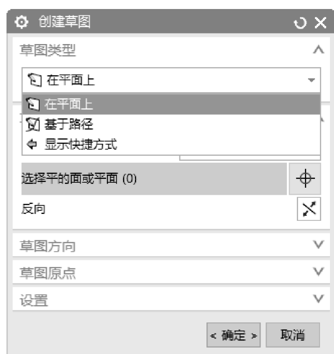



图 2-5　草图平面类型

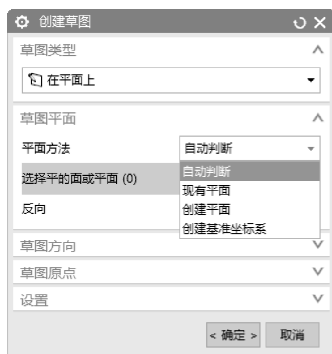



图 2-6　平面创建方法

该类型中所包含的选项及按钮含义如下。

- 【草图平面】选项区：该选项区用于确定草图平面。
- 平面方法：创建草图平面的方法，包括【自动判断】、【现有平面】、【创建平面】和【创建基准坐标系】。【自动判断】表示程序自动选择草图平面，一般为 XC-YC 基准平面，如图 2-7a 所示；【现有平面】是指图形区中所有的平面，包括基准平面和模型上的平面，如图 2-7b 所示；【创建平面】是以创建基准平面的方法来创建草图平面；【创建基准坐标系】是以基准坐标系的创建方法来确定草图平面，草图平面默认为基准坐标系中的 XC-YC 平面，如图 2-7c 所示。

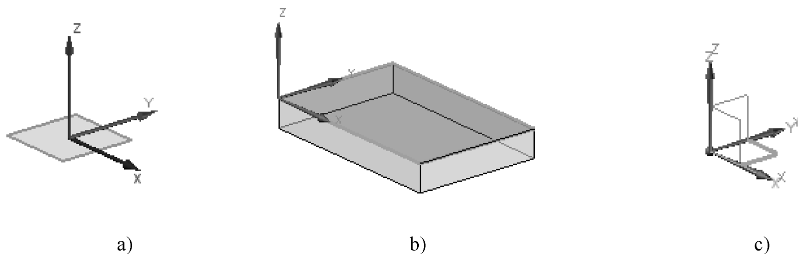



图 2-7　草图平面创建方法

- 反向![]：单击此按钮，将改变草图方向。
- 【草图方向】选项区：该选项区可控制参考平面中 X 轴、Y 轴的方向。
- 【草图原点】选项区：设置草图平面坐标系的原点位置。

**2. 【基于路径】平面类型**

当为特征（如变化的扫掠）构建输入轮廓时，可以选择【基于路径】绘制草图。图 2-8 说明的是完全约束的基于轨迹绘制草图以及产生的变化的扫掠。

选择此类型，将在曲线轨迹路径上创建出垂直于轨迹、平行于轨迹、平行于矢量和通过轴的草图平面，并在草图平面上创建草图。【基于路径】类型的选项设置如图 2-9 所示。

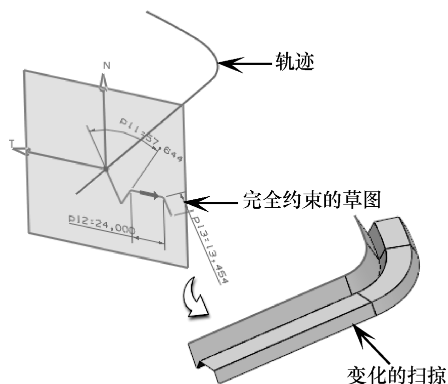



图 2-8　用【基于路径】命令绘制草图



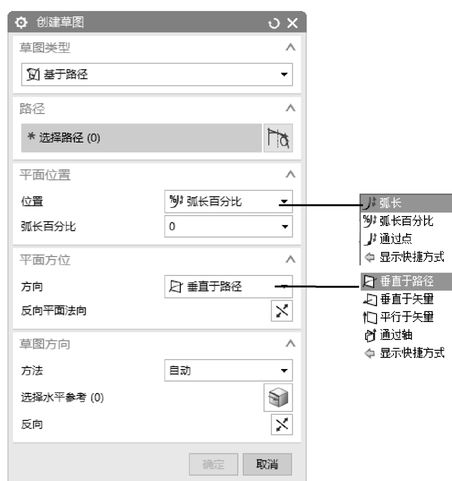



图 2-9 【基于路径】类型



## 2.1.3 草图任务环境中的辅助工具

草图任务环境中的草图工具主要是对创建的草图进行确认、重命名、视图定向、评估草图、更换模型等操作，如图 2-10 所示。

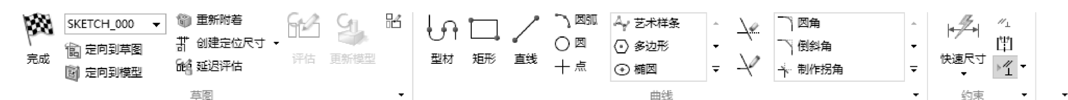



图 2-10 草图任务环境中的草图工具

### 1. 完成草图

【完成】命令用于对创建的草图进行确认并退出草图环境。

### 2. 定向到草图

【定向到草图】将视图调整为草图的俯视视图，当用户在创建草图过程中视图发生了变化，不便于对象的观察时，可通过此功能将视图调整为俯视视图，如图 2-11 所示。

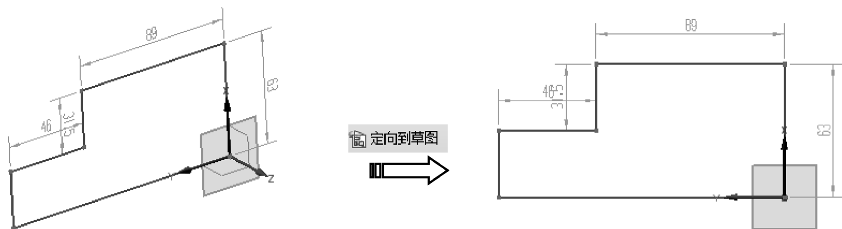



图 2-11 定向视图到草图

### 3. 定向视图到模型

【定向到模型】是将视图调整为进入草图环境之前的视图，这也是为了便于观察绘制的草图与模型间的关系。例如，进入草图之前的视图为默认的轴侧视图，如图 2-12 所示。

### 4. 重新附着

【重新附着】就是将草图重新附着到其他的基准平面、平面和轨迹上，或者更改草图的

方位。在【草图生成器】组中单击【重新附着】按钮，弹出【重新附着草图】对话框，如图 2-13 所示。

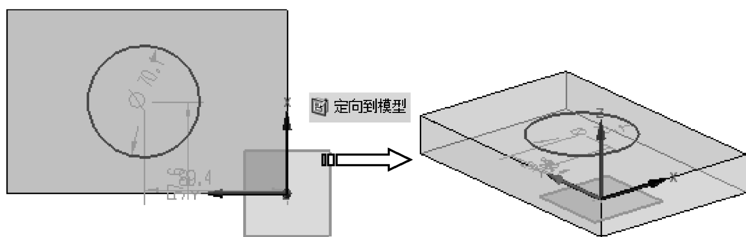



图 2-12　定向视图到模型




图 2-13　【重新附着草图】对话框

通过此对话框重新指定要附着的实体表面或基准面，单击【确定】按钮后，草图将附着到新的参考平面上，如图 2-14 所示。

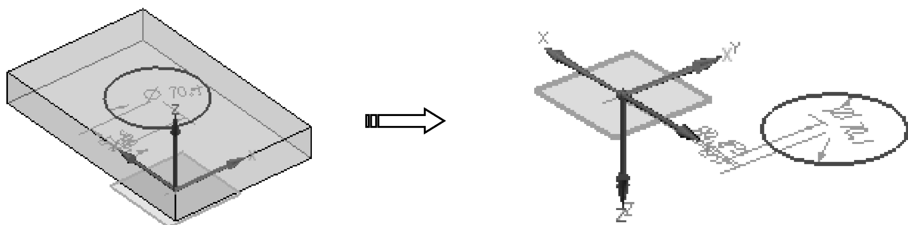


图 2-14　重新附着草图

| 技巧点拨 | 【重新附着草图】对话框的功能与先前介绍的【创建草图】对话框的功能完全一样。 |
| --- | --- |



## 上机操作——重定位草图



**01**　打开本例素材文件【ex2-1. prt】，如图 2-15 所示。

**02**　打开【部件导航器】，选中【拉伸（2）】，单击右键并选择【可回滚编辑】命令，打开【拉伸】对话框，如图 2-16 所示。



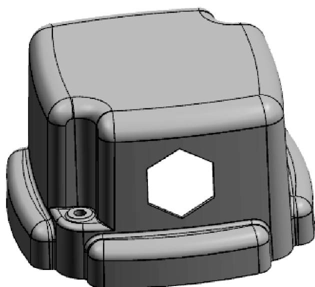


图 2-15　模型文件




图 2-16　【可回滚编辑】操作

| 技巧点拨 | 您还可以在模型中双击该拉伸特征，打开【拉伸】对话框。 |
|---|---|

**03**　在【截面】选项区中单击【绘制截面】按钮，进入草绘环境。

**04**　在【草图】组中单击【重新附着】按钮，打开【重新附着草图】对话框。

**05**　选择【在平面上】类型，并选择如图 2-17 所示的平面作为草图平面。




图 2-17　选取重新附着的平面

**06**　单击【确定】按钮，将 p919 尺寸改为 –40。单击【完成草图】按钮，退出草绘环境，如图 2-18 所示。

**07**　单击【拉伸】对话框中的【确定】按钮，完成草图的重新附着，如图 2-19 所示。

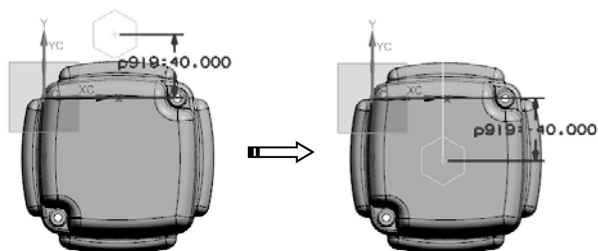



图 2-18　修改定位尺寸

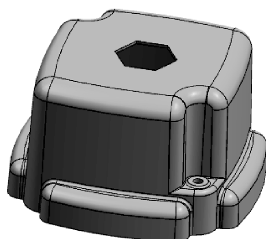


图 2-19　重新附着草图后的特征

## 2.2 绘制基本草图曲线

草图是三维建模的基础，是模型截面轮廓的表现方式。本节介绍草图工具命令以及草图图形的绘制技巧。

草图绘制命令包含常见的轮廓、直线、圆弧、圆、圆角、矩形、多边形、椭圆、样条曲线、二次曲线等。

**1. 轮廓**

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【轮廓】命令，或者直接单击【曲线】组中的【轮廓】按钮，弹出【轮廓】对话框，如图 2-20 所示。

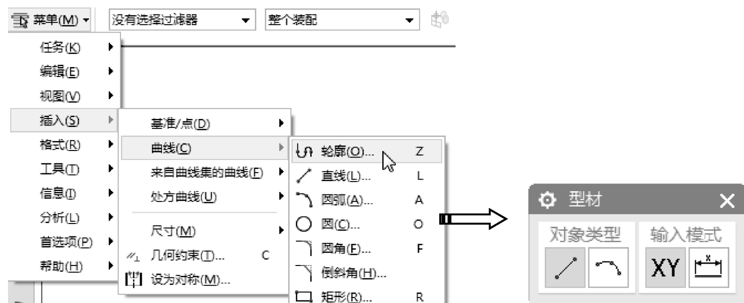



图 2-20　【轮廓】对话框

| 技巧点拨 | 此绘图工具名为【型材】，应该是翻译出现的问题，原意应该是【轮廓】。 |
| --- | --- |

各选项含义如下。

- 直线：选取两点绘制直线。
- 圆弧：当直接绘制圆弧时，可以绘制三点圆弧，当已经绘制直线时，此命令可以绘制与直线相切的切弧。
- 坐标模式XY：使用XY坐标值的输入方式创建曲线点。
- 参数模式：使用直线的长度和角度或者圆弧的半径参数来绘制。

2. 直线

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【直线】命令，或者直接单击【曲线】组中的【直线】按钮，即可启动直线命令，弹出【直线】对话框，如图2-21所示。

各选项含义如下。

- 坐标模式XY：使用输入X坐标值和Y坐标值的方式确定直线起点和终点。
- 参数模式：使用直线的长度和角度来创建直线。

3. 圆弧

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【圆弧】命令，或者直接单击【曲线】组中的【圆弧】按钮，即可启动圆弧命令，弹出【圆弧】对话框，如图2-22所示。




图2-21 【直线】对话框




图2-22 【圆弧】对话框

各选项含义如下。

- 三点定圆弧：通过指定三点的方式来绘制圆弧。
- 圆心和端点定圆弧：通过圆心、起点和终点来创建圆弧。
- 坐标模式XY：使用坐标值来定义圆弧的圆心或者端点坐标值。
- 参数模式：使用圆弧的半径和角度来定义圆弧。

4. 圆

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【圆】命令，或者直接单击【曲线】组中的【圆】按钮，即可启动圆命令，弹出【圆】对话框，如图2-23所示。

各选项含义如下。

- 圆心和直径定圆：通过圆心和直径来创建圆。
- 三点定圆：通过指定三点来创建圆。
- 坐标模式XY：使用坐标的方式来定义圆的圆心坐标值。
- 参数模式：使用圆的直径值来定义圆的大小。

5. 圆角

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【圆角】命令，或者直接单击【曲线】组中的【圆角】按钮，即可启动圆角命令，弹出【圆角】对话框，如图2-24所示。



图 2-23 【圆】对话框



图 2-24 【圆角】对话框

各选项含义如下。

- 修剪：在创建圆角的同时进行修剪圆角边。
- 取消修剪：在创建圆角的同时不进行任何修剪操作。
- 删除第三条曲线：创建三条曲线圆角时，将第三条曲线删除，采用圆角代替。
- 备选解：单击此按钮切换互补的圆角结果。

### 6. 倒斜角

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【倒斜角】命令，或者直接单击【曲线】组的【倒斜角】按钮，即可启动倒斜角命令，弹出【倒斜角】对话框，如图 2-25 所示。



图 2-25 【倒斜角】对话框

各选项含义如下。

- 选择直线：依次选取要倒角的直线或者按住鼠标左键划过要倒圆角直线交叉处，即自动进行倒角。
- 修剪输入的曲线：勾选此复选框，即可在创建倒角的同时修剪倒角边。
- 偏置：定义倒斜角的方式，包括三种方式，分别是对称、非对称、偏置和角度。
- 对称：对两条直线（要倒斜角的曲线）倒相等的斜角距离，如图 2-26 所示。



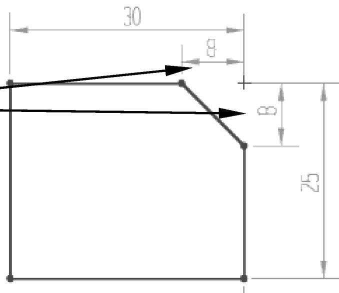


图 2-26 对称

- 非对称：以不同的距离对倒角边进行倒角，如图 2-27 所示。先选取的边为距离 1 的参考边，后选取的边为距离 2 的参考边。
- 偏置和角度：以一条边为参考，自定义倒角的距离和夹角，如图 2-28 所示。



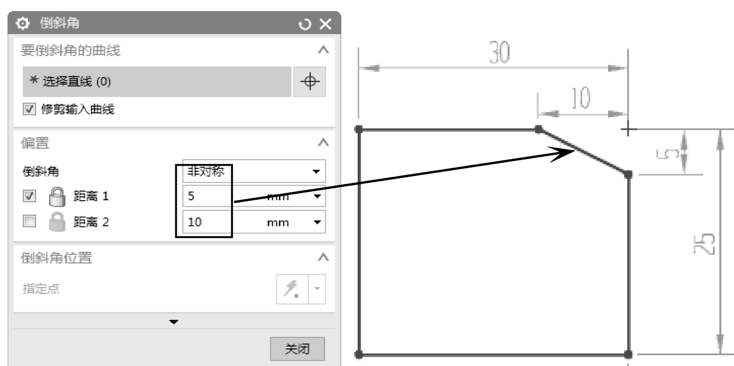



图 2-27 非对称

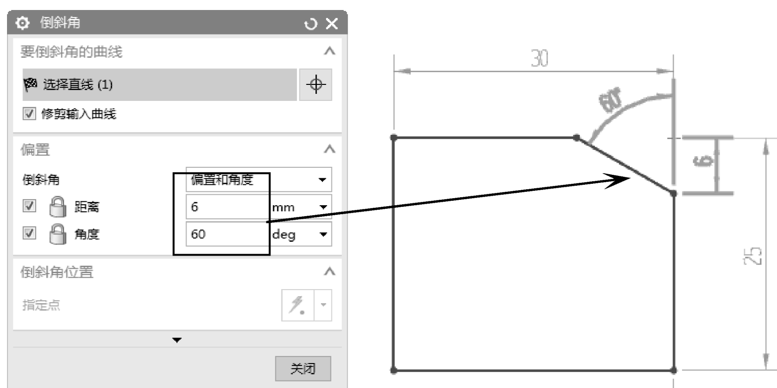



图 2-28 偏置和角度

### 7. 矩形

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【矩形】命令，或者直接单击【曲线】组的【矩形】按钮▭，即可启动矩形命令，弹出【矩形】对话框，如图 2-29 所示。




图 2-29 【矩形】对话框

各选项含义如下。

- 按 2 点：通过矩形的两对角点创建矩形，两对角点即可决定矩形的宽度和高度。
- 按 3 点：通过矩形的三个对角点创建矩形，第一点和第二点决定矩形的高度和角度，第三点决定矩形的宽度。
- 从中心：通过矩形的中心点和矩形边中点以及角点来创建矩形，当矩形的中心确定后，矩形的边中点决定矩形的角度，角点决定矩形的宽度。
- 坐标模式XY：使用坐标的方式来定义矩形对角点坐标值。
- 参数模式：使用矩形宽度和高度参数值来定义矩形的大小。

8. 多边形

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【多边形】命令，或者直接单击【曲线】组的【多边形】按钮，即可启动多边形命令，弹出【多边形】对话框，如图 2-30 所示。

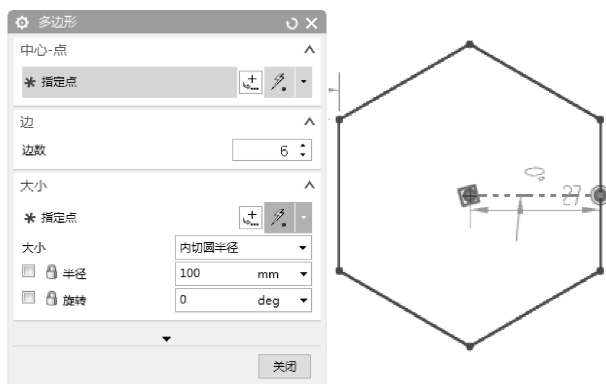



图 2-30　【多边形】对话框

各选项含义如下。

- 中心点：指定矩形的中心点。
- 边：输入多边形的边数。
- 大小：指定多边形的外形尺寸类型，包括内切圆半径、外接圆半径和边长。
- 内切圆半径：采用以多边形中心为中心，内切于多边形的边的圆来定义多边形。
- 外接圆半径：采用以多边形中心为中心，外接于多边形顶点的圆来定义多边形。
- 边长：采用多边形边长来定义多边形大小。
- 半径：指定内切圆半径值或外接圆半径值。
- 旋转：指定旋转角度。
- 长度：指定多边形边的长度。

9. 椭圆

进入草图环境后，在菜单栏中选择【插入】|【曲线】|【椭圆】命令，或者直接单击【曲线】组的【椭圆】按钮，即可启动椭圆命令，弹出【椭圆】对话框，如图 2-31 所示。

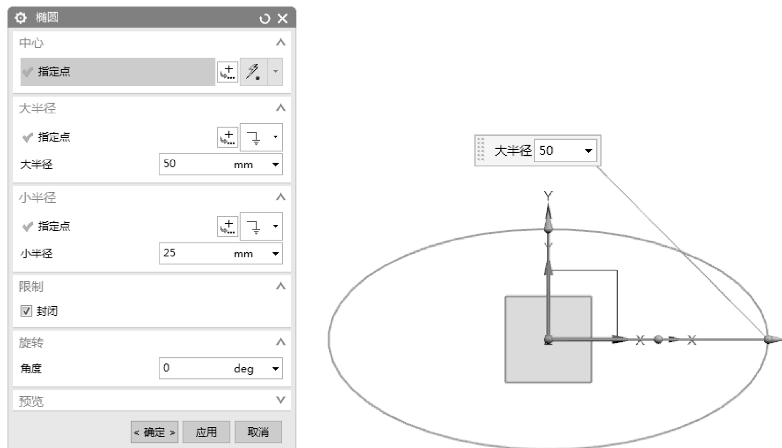



图 2-31　【椭圆】对话框

各选项含义如下。

- 中心点：指定椭圆的中心。
- 大半径：指定椭圆的长半轴。
- 小半径：指定椭圆的短半轴。
- 封闭：勾选此复选框，将创建封闭的完整椭圆。若取消勾选，则创建极坐标椭圆。
- 旋转角度：输入长半轴相对于 XC 轴沿逆时针旋转的角度。

# 2.3 草图编辑与变换

在草图轮廓绘制完毕后，可能草图并不是用户想要的结果，必须经过编辑和约束后才能得到所要的结果。编辑包括镜像、拖动、修剪、延伸、偏置等操作。



## 2.3.1 修剪和延伸

修剪和延伸是完成草图绘制的重要操作。利用多指令绘制草图形状后，往往需要对图形进行修剪，以达到理想结果。

### 1. 快速修剪

【快速修剪】命令可以将曲线修剪至最近相交的物体上，此相交可以是实际相交的交点，也可以是虚拟相交的交点。在【曲线】组中单击【快速修剪】按钮，弹出【快速修剪】对话框，如图 2-32 所示。



图 2-32 【快速修剪】对话框

各选项含义如下。

- 边界曲线：用于设定当成修剪曲线的边界条件曲线。用户可以预先定义，也可以自动选取。
- 要修剪的曲线：选取需要修剪的曲线，可以依次单击选取，也可以按住鼠标中键滑动绘制曲线，与其相交的曲线都被自动修剪掉。

图 2-33 为修剪草图的示意图。



图 2-33 修剪曲线

| 技巧点拨 | 删除曲线时，注意光标选取的位置，光标选择位置为删除部分。如果修剪没有交点的曲线，则该曲线会被删除。 |
| --- | --- |

### 2. 快速延伸

【快速延伸】命令可以将曲线延伸至最近相交的物体上，此相交可以是实际相交的交

点，也可以是虚拟相交的交点。在【曲线】组中单击【快速延伸】按钮，弹出【快速延伸】对话框，如图 2-34 所示。




图 2-34　【快速延伸】对话框

| 技巧点拨 | 快速延伸操作和快速修剪操作相同，可以将对象向靠近鼠标单击的那一侧方向进行延伸，延伸到下一个最靠近的物体上的交点。可以依次单击选取延伸曲线，也可以按住鼠标滑动选取。 |
|---|---|

图 2-35 为快速延伸的操作示意图。

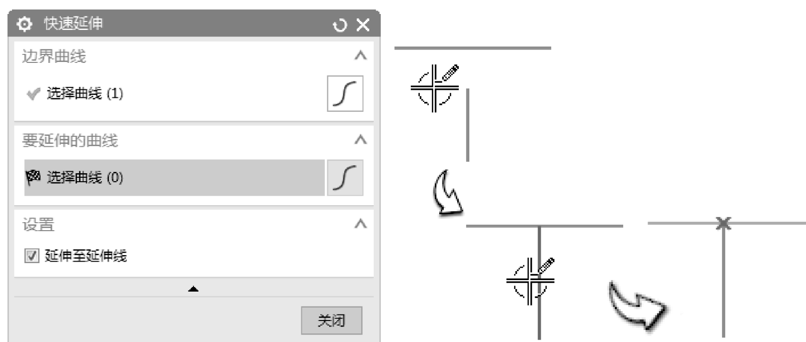



图 2-35　延伸曲线

### 3. 制作拐角

使用【制作拐角】命令可通过将两条输入曲线延伸和/或修剪到一个公共交点来创建拐角。如果创建自动判断的约束选项处于打开状态，NX 会在交点处创建一个重合约束。

单击【制作拐角】按钮，打开【制作拐角】对话框，如图 2-36 所示。

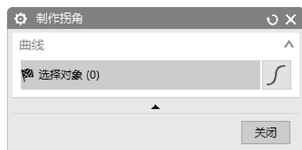



图 2-36　【制作拐角】对话框

图 2-37 为制作拐角的操作过程。

### 4. 修剪配方曲线

使用【修剪配方曲线】命令可关联修剪、关联投影到草图或关联相交到草图的曲线。投影到草图或相交到草图的多条曲线称为配方链。

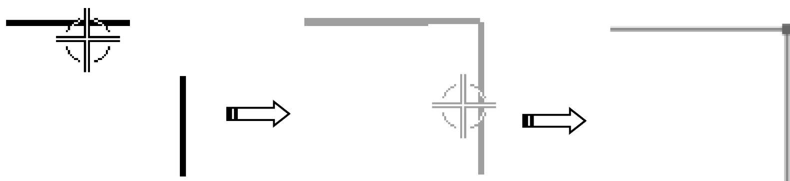


图 2-37　制作拐角

在以下示例中，蓝色曲线投影到草图中，红色圆弧是用作修剪的边界对象的草图曲线，配方链的修剪部分成为参考曲线，如图 2-38 所示。

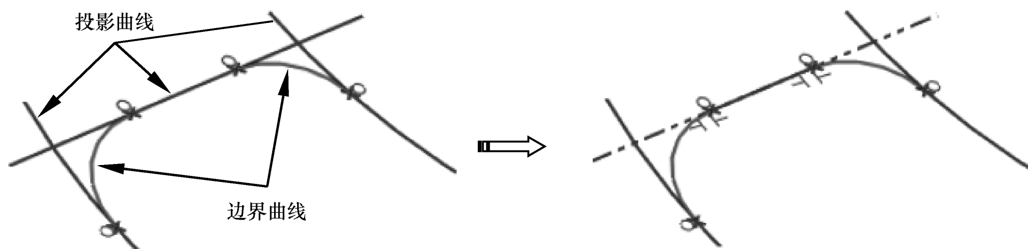



图 2-38　修剪配方曲线



## 上机操作——绘制叶片草图



**01** 新建模型文件并命名为【叶片草图】。

**02** 在【直接草图】组中单击【草图】按钮，弹出【创建草图】对话框，选择【在平面上】类型，然后在【平面方法】选项区中选用【创建平面】，在【指定平面】后面的下拉列表中选择 YC 平面，如图 2-39 所示。

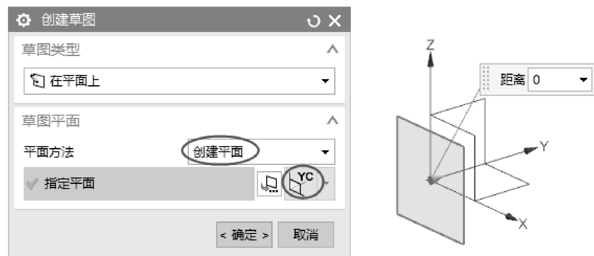



图 2-39　【创建草图】对话框及 YC 平面

**03** 单击【确定】按钮后转入到草图绘制模式，单击【在草图任务中打开】按钮，进入到草图任务环境中。

**04** 在【曲线】组中单击【圆】工具，以原点为圆心绘制一个直径为 50 的圆，如图 2-40 所示。

**05** 在【曲线】组中单击【直线】工具，然后捕捉原点为起点，绘制一条水平向右长度为 50 的直线，如图 2-41 所示。

**06** 在【曲线】组中单击【圆弧】工具，以默认的【三点定圆弧】的方式，选取直线的两个端点作为圆弧的两个端点，然后输入圆弧的半径为 25。随后，在直线的上方单击确定第 3 点，完成圆弧绘制，如图 2-42 所示。

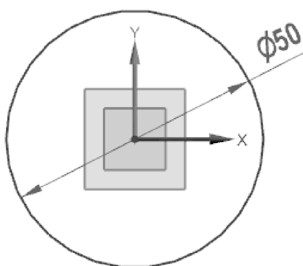



图 2-40　绘制圆曲线

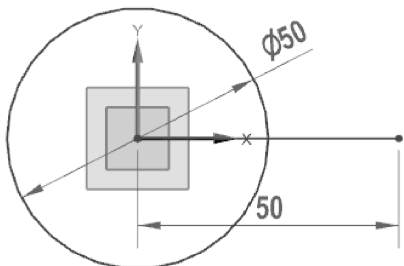



图 2-41　绘制水平直线

**07**　使用【快速修剪】工具，其快捷键为【T】，弹出【快速修剪】对话框。然后对图形区中要修剪的曲线进行修剪，如图 2-43 所示。

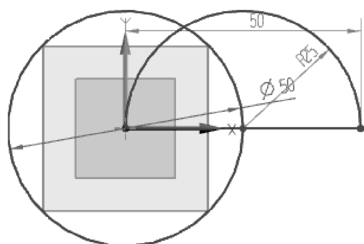



图 2-42　绘制圆弧曲线

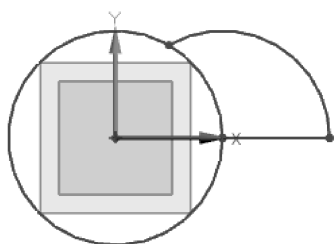



图 2-43　完成修剪

**08**　在【曲线】组中单击【阵列曲线】按钮，弹出【阵列曲线】对话框，在对话框中，设置圆形布局及其阵列参数，单击【确定】按钮完成阵列，如图 2-44 所示。

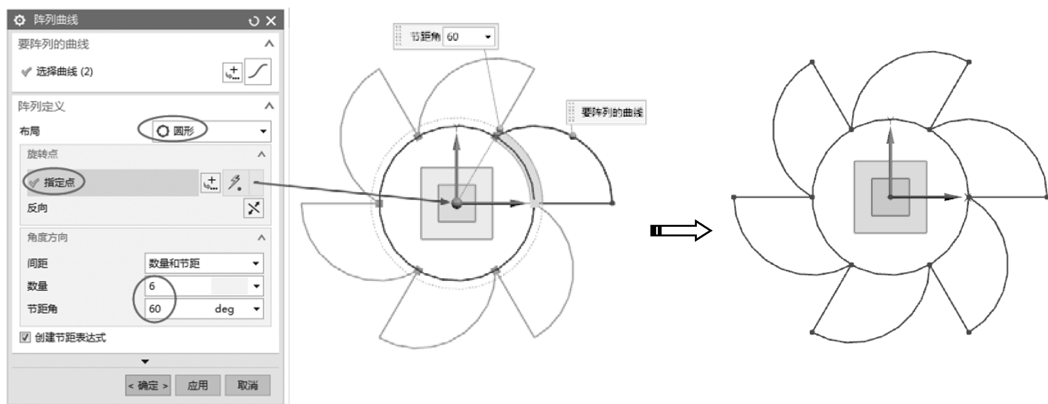



图 2-44　阵列曲线

**09**　单击【完成草图】按钮，退出草图环境，完成草图的绘制。



## 2. 3. 2　曲线复制

有时候需要对草图进行复制操作，也就是基于原曲线得到新曲线。

### 1. 镜像曲线

选择草图环境中的菜单栏的【插入】|【曲线】|【镜像曲线】命令，或者直接单击【曲线】组中【镜像曲线】按钮 镜像曲线(M)，即可启动镜像曲线命令，弹出【镜像曲线】对话框，如图 2-45 所示。采用镜像曲线命令绘制如图 2-46 所示的图形。



图 2-45 【镜像曲线】对话框

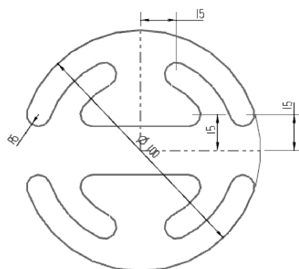


图 2-46 镜像曲线

### 2. 偏置曲线

在草图环境中的菜单栏选择【插入】|【曲线】|【偏置曲线】命令，或者直接单击【曲线】组中【偏置曲线】按钮 偏置曲线(V)，即可启动偏置曲线命令，弹出【偏置曲线】对话框，如图 2-47 所示。采用偏置曲线命令绘制如图 2-48 所示的草图。



图 2-47 【偏置曲线】对话框

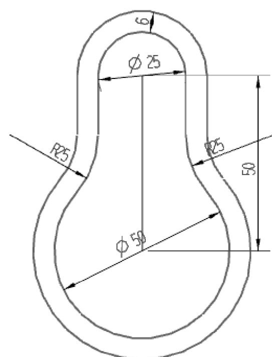
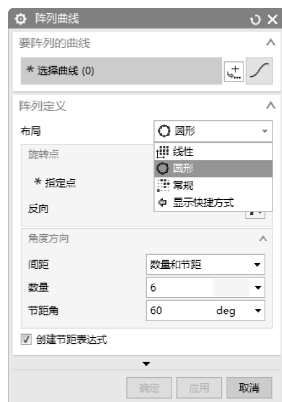


图 2-48 偏置曲线

### 3. 阵列曲线

在草图环境中的菜单栏选择【插入】|【曲线】|【阵列曲线】命令，或者直接单击【曲线】组中【阵列曲线】按钮 阵列曲线(P)，即可启动阵列曲线命令，弹出【阵列曲线】对话框，采用阵列曲线命令绘制曲线，如图 2-49 所示。



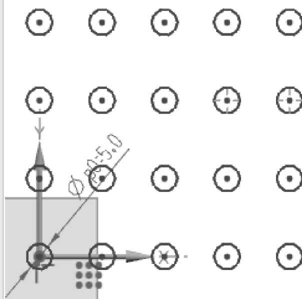



图 2-49 【阵列曲线】对话框

阵列方式包括线性阵列（如图 2-50 所示）、圆形阵列（如图 2-51 所示）和常规阵列（如图 2-52 所示）。

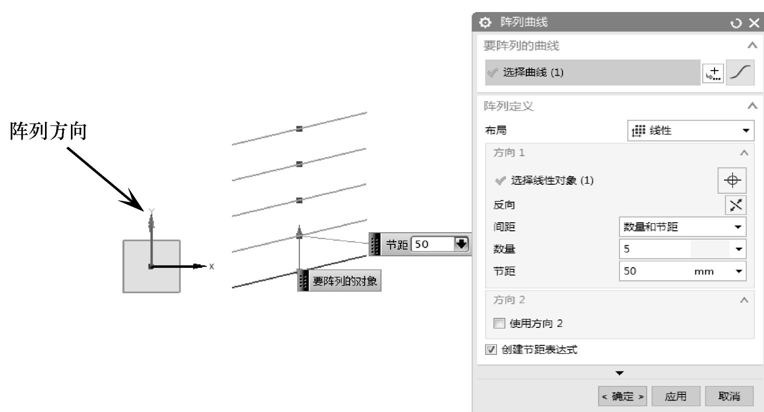



图 2-50　线性阵列

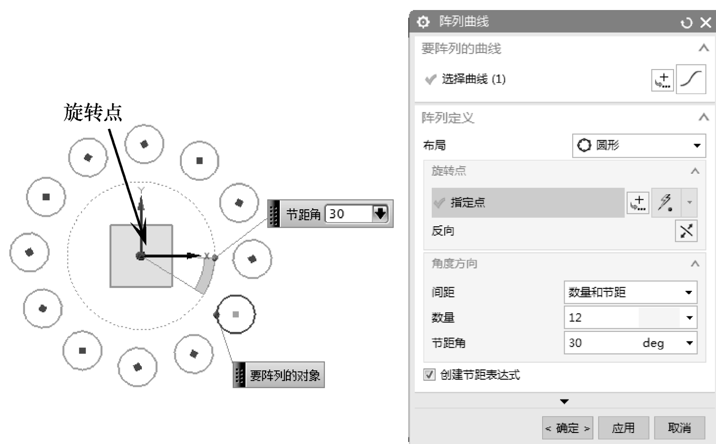



图 2-51　圆形阵列




图 2-52　常规阵列

4. 派生曲线

使用【派生曲线】命令可以根据选取的曲线作为参考生成新的直线。

在【曲线】组中单击【派生直线】按钮，此时程序要求选取参考直线，根据选取直线的情况会出现不同的提示。

如果选取一条直线，那么将对该直线进行偏置，如图 2-53 所示。输入偏置值后按下【Enter】键得到新的直线，再按下鼠标中键结束命令。

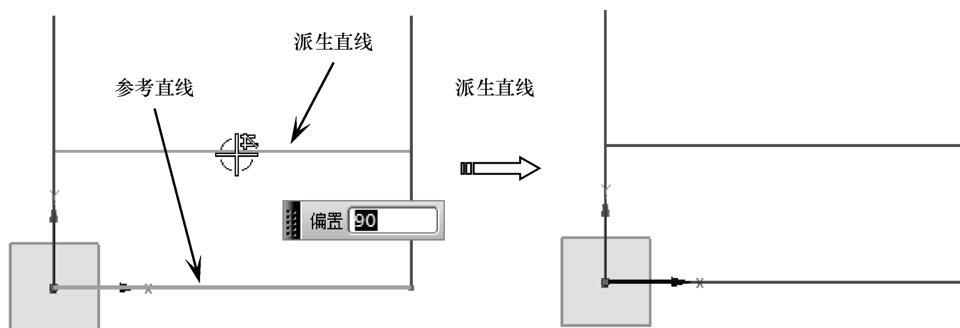



图 2-53　派生直线

| 技巧点拨 | 默认情况下，程序会以新生成的派生直线作为参考线来生成多条偏置直线。如果靠光标来确定派生直线的位置，每个移动基点的距离为 5。 |
| --- | --- |

如果依次选取两条平行直线，将生成两条直线的中心线。输入直线长度后按【Enter】键，得到新直线，如图 2-54 所示，左图为选择的两条直线，右图为生成的中心线。

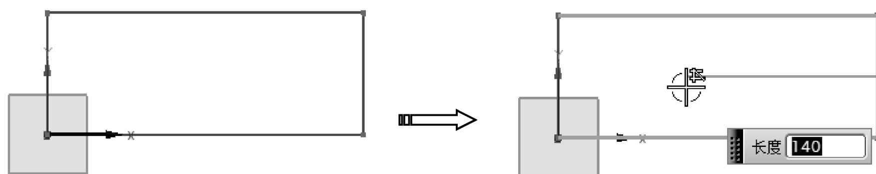



图 2-54　生成中心线

如果依次选取两条不平行的直线，将以两条直线的交点作为起始点创建夹角平分线。输入直线长度后按【Enter】键，得到新的构造直线，如图 2-55 所示，左图为选择的两条参考直线，右图为生成的派生夹角平分线。

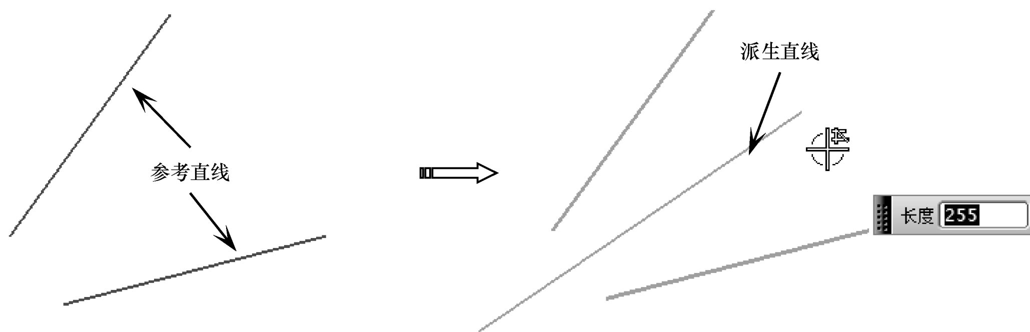



图 2-55　生成平分线

# 2.4 草图约束

用户在创建草图之初，不必考虑草图曲线的精确位置和尺寸，先绘制草图几何对象的大致形状后，再通过草图约束对几何对象进行精确约束，以达到设计要求。草图约束是限制草图的形状和大小，包括几何约束（限制形状）和尺寸约束（限制大小）两种。





## 2.4.1 尺寸约束

尺寸约束就是为草图标注尺寸，使草图满足设计者的要求并让草图固定。UG NX 12 中尺寸约束共有 5 种，如图 2-56 所示。




图 2-56　5 种尺寸约束类型

【快速尺寸】包括了所有尺寸标注类型。单击【快速尺寸】命令，弹出【快速尺寸】对话框，如图 2-57 所示。

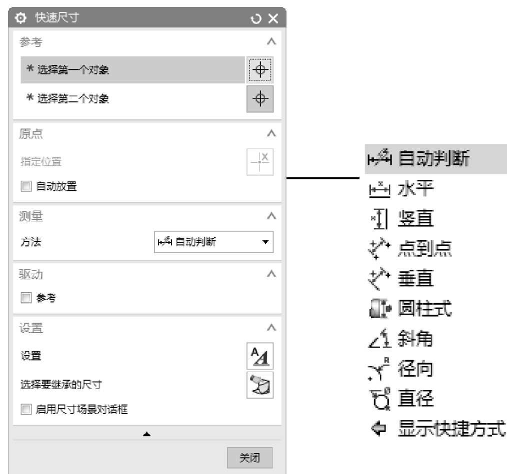
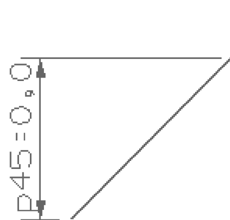



图 2-57　【快速尺寸】对话框

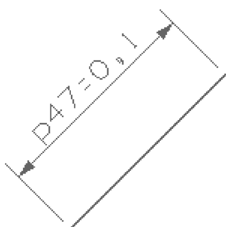
对话框中各标注方法介绍如下。

【自动判断】是指程序自动判断选择对象，进行尺寸标注。这种类型的好处是标注灵活，由一个对象可标注出多个尺寸约束。但由于此类型几乎包含了所有的尺寸标注类型，所以针对性不强，有时也会产生不便，如图 2-58 所示，以此类型来选择相同对象进行尺寸约束，可有 3 种标注结果。

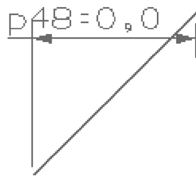
利用【自动判断】尺寸还可以创建表 2-1 中的尺寸类型。




竖直尺




垂直尺寸




水平尺寸

图 2-58　程序自动判断并标注的 3 种尺寸

**表 2-1　其他常见尺寸类型**

| 尺 寸 类 型 | 说　明 | 图　解 |
|---|---|---|
| 点到点 | 【点到点】类型即是标注的尺寸总是与所选对象平行 | |
| 斜角 | 【斜角】类型就是用于两相交直线或直线延伸部分相交的夹角尺寸标注 | |
| 直径 | 【直径】类型用于标注圆或圆弧的直径尺寸 | |
| 径向 | 【径向】类型用于标注圆或圆弧的半径尺寸 | |
| 圆柱式 | 【圆柱式】是用直径尺寸形式标注矩形，例如标注轴图形 | |

##  2. 4. 2　几何约束

用户在绘制草图曲线时，若没有为绘制的几何对象添加约束，也就是没有控制几何对象的自由度，那么绘制的几何对象是不稳定的，会产生误差。

### 1. 草图自由度箭头

自由度（DOF）箭头标记草图上可自由移动的点。草图自由度有三种类型：定位自由度（2 个）、转动自由度（3 个）以及径向自由度（1 个）。

将一个点约束为在给定方向上移动时，NX 会移除自由度箭头。当所有这些箭头都消失时，草图即已完全约束。请注意，约束草图是可选的。您仍可以用欠约束的草图定义特征。当设计需要更多控制时，可约束草图。同样，应用一个约束可以移除多个自由度箭头。

在图 2-59 中，在图形区绘制了草图图形，单击【约束】组中【几何约束】按钮，直线的两端即显示 4 个自由度箭头，同时在信息栏中也会显示要约束的数目。也就是说，需要对图形作 YC 和 ZC 自由度方向上的约束。

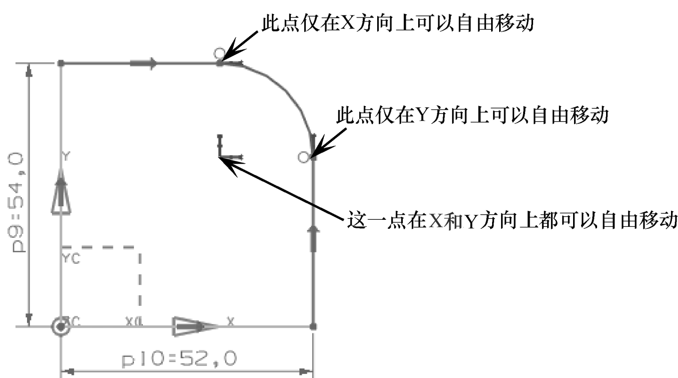


图 2-59　显示直线的自由度箭头

| 技巧点拨 | 有时在信息栏上提示需要的约束数量很多，其实并非每个约束都要添加，这是因为控制了某个点或某条曲线的一个自由度，那么有可能使几何之间产生了多个约束。 |
|---|---|

在草图环境中，曲线的位置和形状是通过分析放置在草图曲线上的约束（规则），采用数学的方法确定的。自由度箭头提供了关于草图曲线的约束状态的视觉反馈。初始创建时，每个草图曲线类型都有不同的自由度箭头，如表 2-2 所示。

**表 2-2　不同草图曲线类型的自由度箭头**

| 曲　　线 | 自　由　度 | 曲　　线 | 自　由　度 |
|---|---|---|---|
| | 点有两个自由度 | | 部分椭圆有 7 个自由度：两个在中心，一个用于方向，主半径和次半径两个，起始角度和终止角度两个 |
| | 直线有 4 个自由度：每端两个 | | 二次曲线有 6 个自由度：每个端点有两个，锚点有两个 |
| | 圆有 3 个自由度：圆心两个，半径一个 | | 极点样条有 4 个自由度：每个端点有两个 |

（续）

| 曲　　线 | 自　由　度 | 曲　　线 | 自　由　度 |
|---|---|---|---|
|  | 圆弧有 5 个自由度：圆心两个，半径一个，起始角度和终止角度两个 |  | 过点的样条在它的每个定义点处有两个自由度 |
|  | 椭圆有 5 个自由度：两个在中心，一个用于方向，主半径和次半径两个 |  |  |

2. 约束类型

几何约束条件一般用于定位草图对象和确定草图对象间的相互关系。在 UG 草图环境中，几何约束的类型多达 20 余种，如图 2-60 所示。

固定
同心
重合
共线
点在曲线上
点在线串上
中点
水平
竖直
平行
垂直
相切
等长
等半径
恒定长度
恒定角
镜像
曲线的斜率
比例，均匀
比例，非均匀

图 2-60　草图对象的约束类型

## 2.5 草图绘制综合训练

绘制草图除了要掌握草绘中的图元命令，更应该熟悉二维图形的基本要求，图纸要清晰、整齐、完整以及合理。



### 2.5.1　草图技巧与方法分析

对于新手来说，绘制二维图形最大问题不是命令的掌握程度，而是不知道从何处开始绘制。当然还有其他次要问题，下面我们就来说说这些问题。

1. 难点一：从何处着手？

二维图形的绘制首先要找到参考基准，从参考基准（绘制参照）开始绘制。

- 一般来说，在有圆、圆弧或椭圆的图中，参考基准就是圆心，如图 2-61 所示。如果有多个圆出现，那么以最大圆的圆心作为参考基准中心。
- 如果整个图形中没有圆，那么从测量基准点开始绘制，也就是左下角点或者左上角点（从左到右的绘图顺序），如图 2-62 所示。

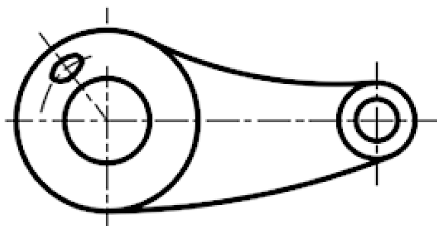


图 2-61　以圆心为参考基准

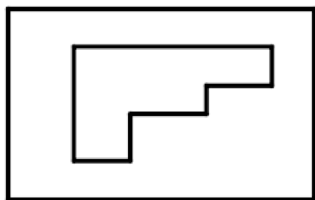


图 2-62　以角点作为参考基准

- 某些图形中有圆、圆弧或椭圆等，但不是测量基准，不足以作为参考基准使用，那么仍然以左下角点为参考基准中心，如图 2-63 所示。

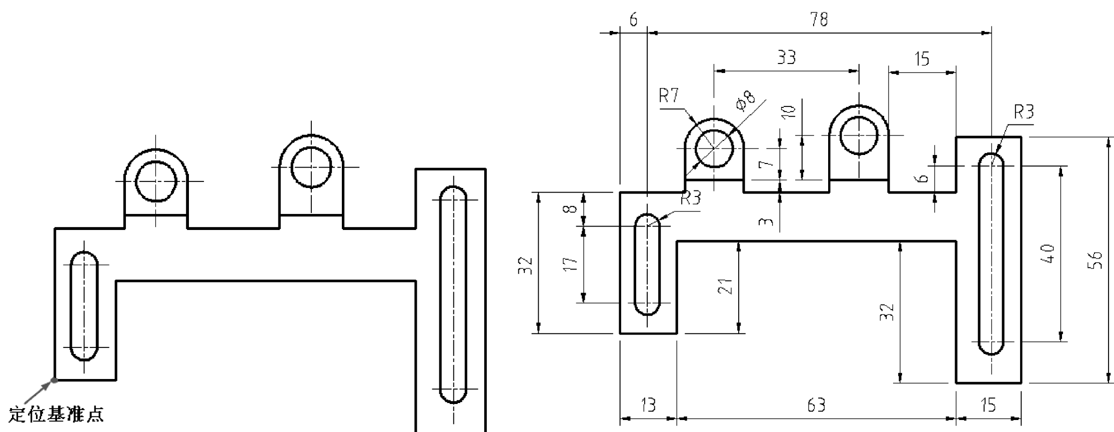



图 2-63　图形中有圆但圆心不能作为参考基准

| 技巧点拨 | 综上所述，对于参考基准不是很明确的情况，我们要进行综合分析，首先要确定图形中的圆是不是主要的轮廓线；其次确定是不是测量基准（对于有尺寸的图形来讲）；若没有尺寸标注，最后需要分析这个圆是不是主要轮廓圆（主要轮廓是以【此截面是否为主体特征截面】而言的），不是主要轮廓，则以直线型图形的角点作为参考基准中心。 |
|---|---|

2. 难点二：图形的结构分析

新手绘图的第二个难点莫过于此了，这个问题若解决了也就不再是新手了。看见一个图形，首先要分析此图形的结构。为什么要分析结构？理由很简单，就是要找到快速绘图的捷径。

- 对称结构：对称结构的图形，我们会用到草绘环境中的 镜像 工具，先绘制对称中

心线一侧的图形，再镜像出另一侧的图形，如图 2-64 所示。

● 旋转结构：对于此结构图形，可以先在水平或者竖直方向上绘制图形，然后使用 旋转调整大小 工具旋转一定角度，从而减少倾斜绘制图形的麻烦，如图 2-65 所示。

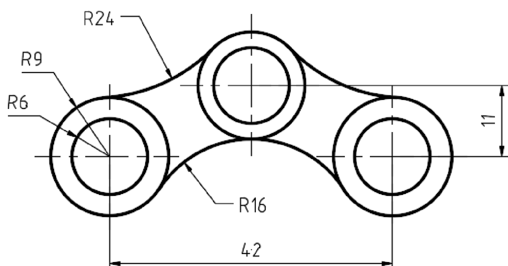


图 2-64 对称结构

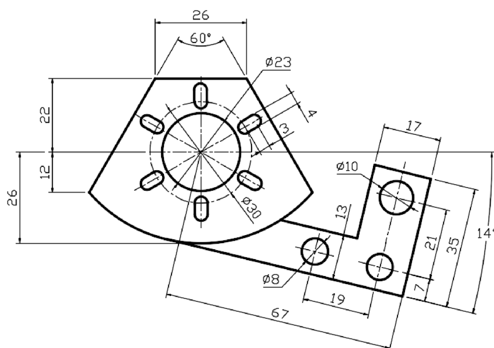


图 2-65 旋转结构

● 阵列结构：具有阵列特性的图形分线性阵列和圆形阵列，如图 2-66 所示。

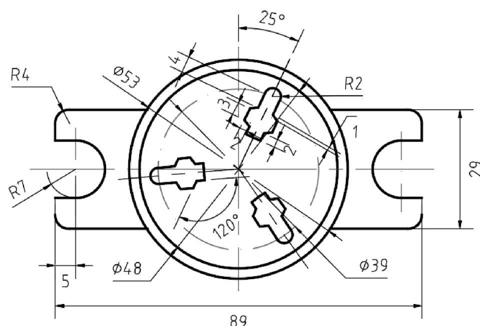


图 2-66 具有阵列特性的图形

### 3. 难点三：确定作图顺序

每一个二维几何图形都由已知线段、中间线段和连接线段构成。找到绘制的基准中心以后，接着就以【已知线段→中间线段→连接线段】的顺序进行绘制。下面以简单案例进行介绍。

绘制手柄支架草图的步骤如下。

（1）先绘制出基准线和定位线，如图 2-67 所示。

（2）画已知线段，如标注尺寸的线段，如图 2-68 所示。

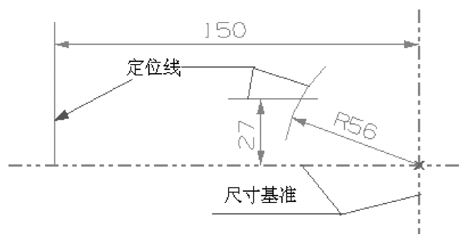


图 2-67 画基准线、定位线

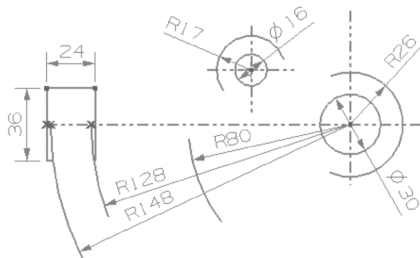


图 2-68 画已知线段

（3）画中间线段，如图 2-69 所示。

（4）画连接线段，如图 2-70 所示。

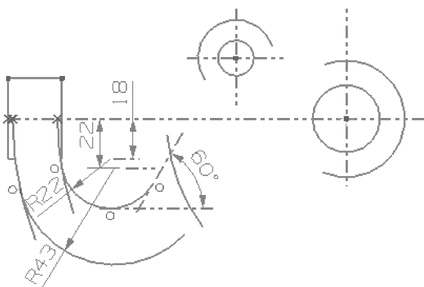



图 2-69　画中间线段

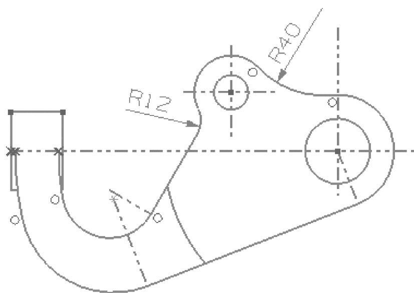



图 2-70　画连接线段

● 已知线段：在图形中起到定形和定位作用的主要线段，定形尺寸和定位尺寸齐全。
● 中间线段：主要起到定位作用，定形尺寸齐全，定位尺寸只有一个。另一个定位由相邻的已知线段来确定。
● 连接线段：起连接已知线段和中间线段的作用，只有定形尺寸，无定位尺寸。

**技巧点拨**

一副完整图形的尺寸包括定形尺寸和定位尺寸。【定形尺寸】是指用于确定几何图形中图元形状大小的尺寸，如直径 \ 半径尺寸、长度尺寸、角度尺寸等（图中红色尺寸）。【定位尺寸】是指从基准点、基准线引出的距离尺寸，诸如用来表达圆弧圆心位置、圆弧轮廓位置等的尺寸（图中 3 个蓝色尺寸），如图 2-71 所示。

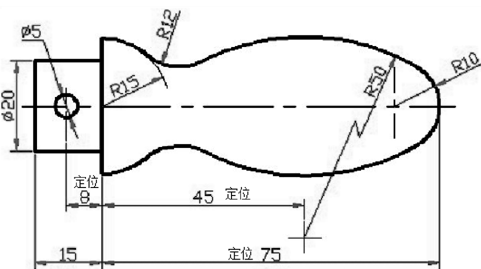



图 2-71　定形尺寸和定位尺寸



## 2. 5. 2　草图绘制案例

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch02 \ 草图一 . prt
演示视频路径：视频 \ Ch02 \ 绘制草图一 . avi

参照如图 2-72 所示的图纸绘制草图，注意其中的水平、竖直、同心、相切等几何关系。

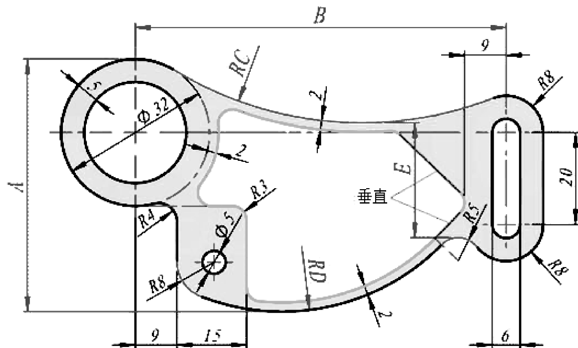



图 2-72　草图一

其中，绿色线条上的圆弧半径都是 R3。

**绘图分析：**

（1）参数：A＝54，B＝80，C＝77，D＝48，E＝25。

（2）此图形结构比较特殊，许多尺寸没有直接给出，需要经过分析得到，否则容易出错。

（3）图形的内部有一个完整的封闭环，这部分图形也是一个完整图形，但这个内部图形的定位尺寸参考均来自于外部图形中的【连接线段】和【中间线段】，所以绘图顺序是先绘制外部图形，再绘制内部图形。

（4）绘制的参考基准中心位于∅32 圆的圆心，从标注的定位尺寸可以看出。作图顺序的图解如图 2-73 所示。

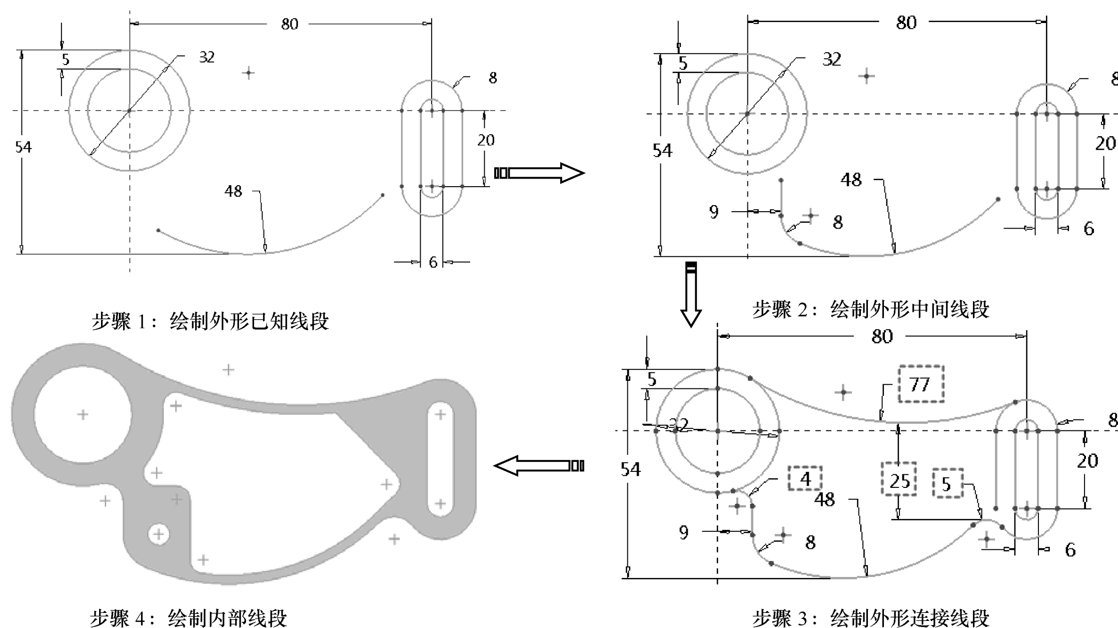



图 2-73　作图顺序图解

**设计步骤：**

**01**　新建 UG 模型文件。在功能区【主页】选项卡【直接草图】组中单击【草图】按钮，以默认的 XY 平面作为草图平面，进入直接草图环境，如图 2-74 所示。

**02**　绘制图形基准中心线。本例以坐标系原点作为∅32 圆的圆心。利用【直线】命令绘制基准中心线（先是直线，再转换为参考线），如图 2-75 所示。




图 2-74　选择草图平面

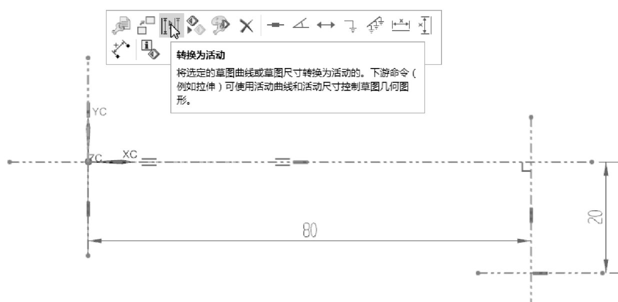



图 2-75　绘制基准中心线

**03** 首先绘制外部轮廓的已知线段（既有定位尺寸也有定形尺寸的线段）。

● 单击【圆】按钮○，在坐标系原点绘制两个同心圆，进行尺寸约束，如图2-76所示。

● 应用【直线】按钮╱、【圆】按钮○、【偏置曲线】按钮、【快速修剪】按钮等，绘制出右侧部分（虚线框内部分）的已知线段，如图2-77所示。

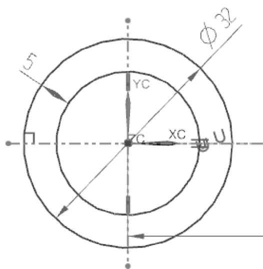


图2-76 绘制同心圆

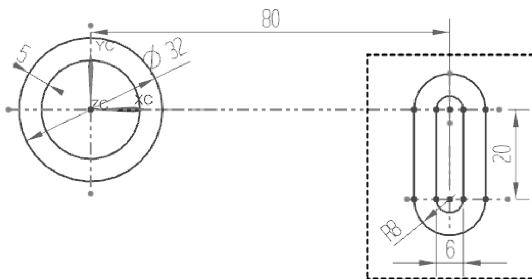


图2-77 绘制右侧的已知线段

● 单击【圆弧】按钮，绘制下方的已知线段（R48）的圆弧，如图2-78所示。

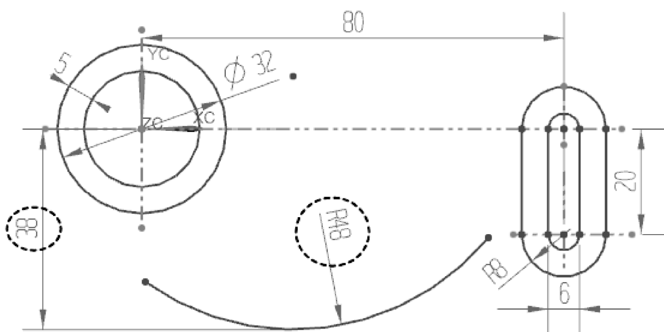


图2-78 绘制下方的已知线段

**04** 接着绘制外部轮廓的中间线段（只有定位尺寸的线段）。

● 单击【直线】按钮╱，绘制标注距离为9的竖直直线，如图2-79所示。

● 单击【圆角】按钮，在竖直线与圆弧（半径48mm）交点处创建圆角（半径为8mm），如图2-80所示。

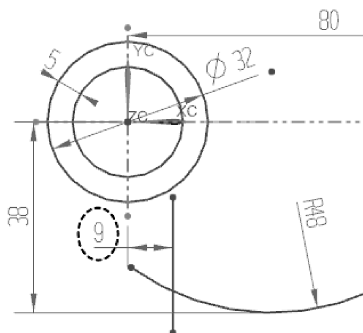


图2-79 绘制竖直直线

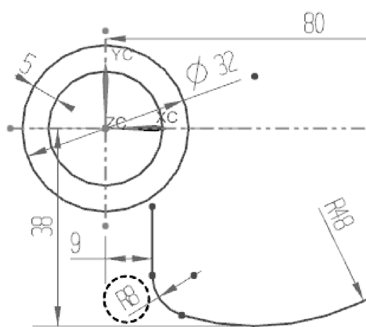


图2-80 创建圆角

| 技巧点拨 | 这个圆角曲线（直径∅8）本属于【连接线段】类型，但它的圆心同时也是里面∅5 圆的圆心，起到定位作用，所以这段圆角曲线又变成了【中间线段】。 |
| --- | --- |

**05** 绘制外部轮廓的连接线段。

- 单击【圆角】按钮，创建连接线段曲线（圆角半径 R4）。
- 单击【圆弧】按钮，创建第二段连接线段圆弧曲线（圆半径 R77），两端与相接圆分别相切，如图 2-81 所示。

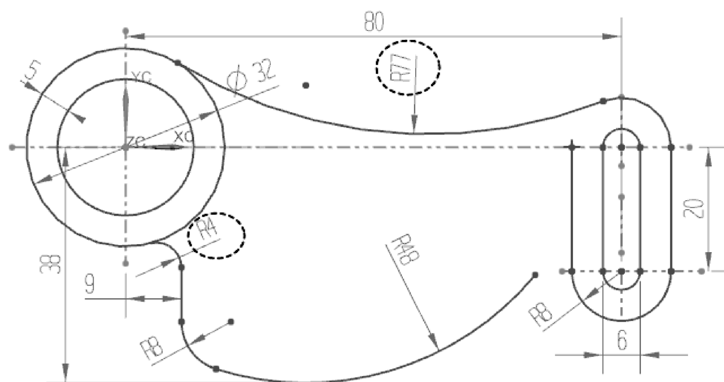



图 2-81 绘制圆角与圆弧

- 单击【圆】按钮，绘制直径为∅10 的圆，接着设置 R77 圆弧与∅10 圆之间的竖直尺寸约束（尺寸 25），最后将∅10 圆分别与 R48 圆弧和 R8 圆弧进行相切约束，结果如图 2-82 所示。

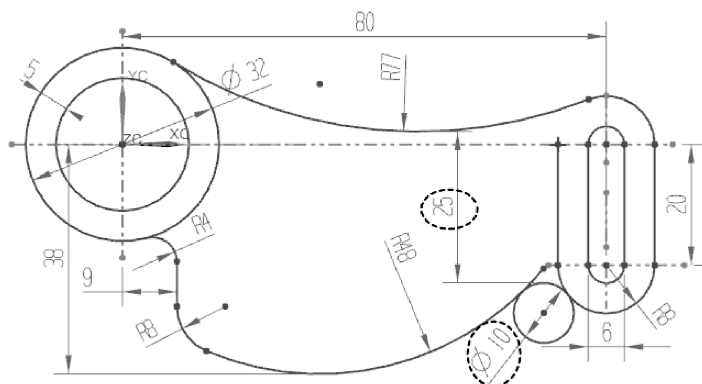



图 2-82 绘制圆并进行尺寸和几何约束

- 修剪∅10 圆，并将直径尺寸改为半径尺寸，如图 2-83 所示。

**06** 最后绘制内部图形轮廓。

- 单击【偏置曲线】按钮，偏移出如图 2-84 所示的内部轮廓中的中间线段。
- 单击【直线】按钮，绘制 3 条直线，如图 2-85 所示。

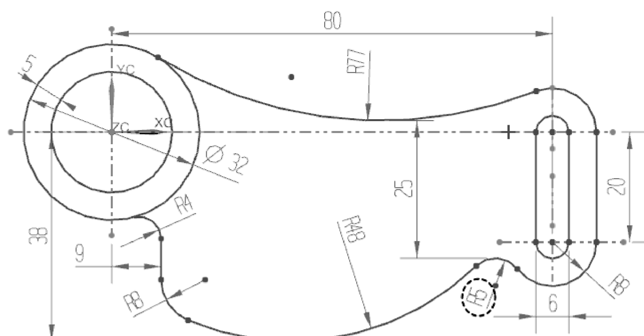


图 2-83 修剪圆

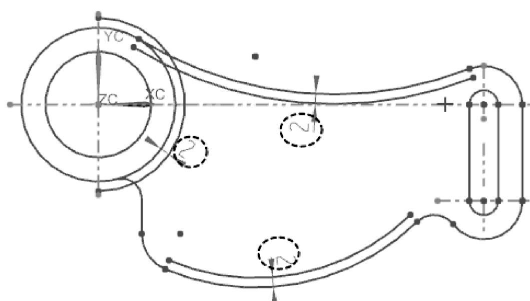


图 2-84 创建 3 条等距曲线

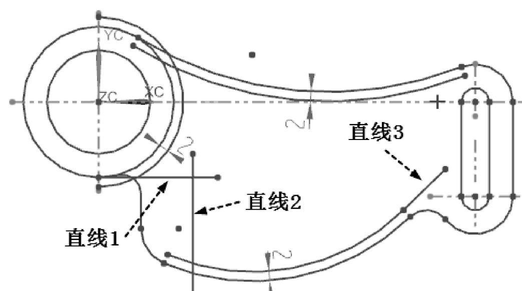


图 2-85 绘制 3 条直线

- 单击【直线】按钮，绘制第 4 条直线，利用垂直约束使直线 4 与直线 3 垂直约束，如图 2-86 所示。
- 单击【圆角】按钮，创建内部轮廓中相同半径（R3）的圆角，如图 2-87 所示。

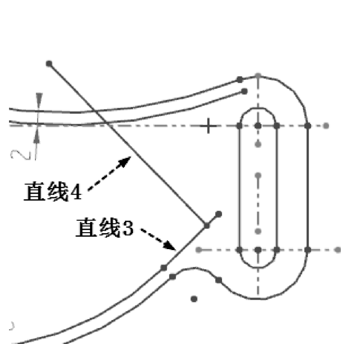


图 2-86 绘制直线 4

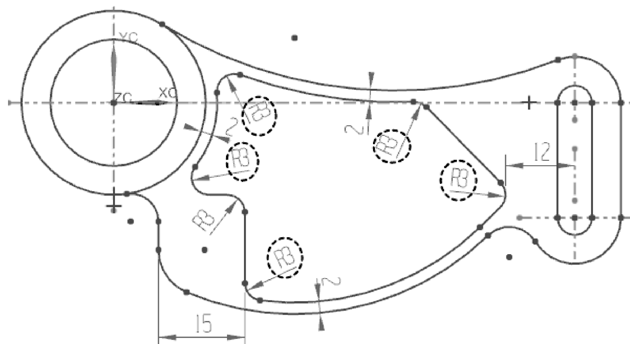


图 2-87 创建内部轮廓的圆角

- 单击【快速修剪】按钮修剪图形，结果如图 2-88 所示。
- 单击【圆】按钮，在左下角圆角半径为 R8 的圆心位置上绘制直径为∅5 的圆，如图 2-89 所示。

**07** 至此，完成了本例草图的绘制。



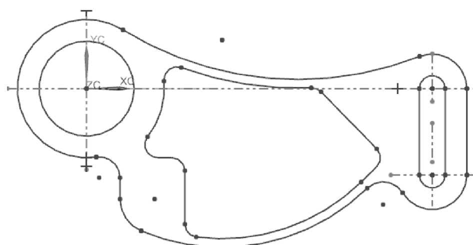


图 2-88　修剪图形

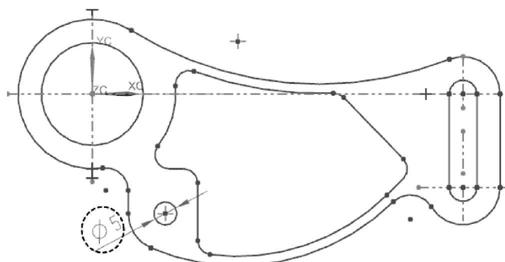


图 2-89　绘制圆

## 2.6 常见技巧解析与答疑

### 1. 如何调整草图文本的高度？

绘制草图后，若发现草图字体太小或者太大，可以进行设置，如图 2-90 所示。

在草图任务环境中，执行菜单栏中【任务】|【草图设置】命令，打开【草图设置】对话框。然后输入新的文本高度即可，如图 2-91 所示。

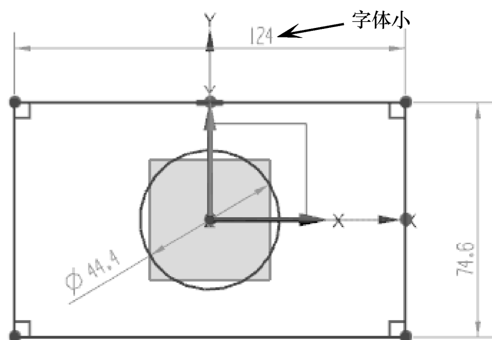



图 2-90　草图文本




图 2-91　设置新文本高度

以上设置仅仅是对当前草图环境中的某个草图有效。如果退出草图环境后，绘制新的草图，那么前面所设置的草图文本高度不会再对新的草图绘制起任何作用。

在建模环境中，在功能区选择【文件】|【首选项】|【草图】命令，打开【草图首选项】对话框。在该对话框中也可以设置草图文本高度，如图 2-92 所示。




图 2-92　在建模环境中设置草图文本高度

虽然在建模环境下能够设置草图，且设置的草图可以跟后续所有草图相关。但是，这也仅仅是在本次打开软件的建模环境下有效。如果关闭软件并重启，所设置的草图文本高度不再起作用。要想无论任何情况下都能保持草图设置，需要在功能区执行【文件】|【实用工具】|【用户默认设置】命令，打开【用户默认设置】对话框。在左侧激活【草图】|【常规】选项面板，然后在右侧设置草图样式（当然也包括草图文本设置），如图 2-93 所示。




图 2-93　设置草图样式

## 2. 如何改变 UG 中尺寸文本样式?

尺寸文本样式的设置仅有两种情况：一是在草图环境中仅针对某个尺寸文本；二是全局设置，仅在当次软件开机的环境中，针对所有草图尺寸文本。也就是说重启软件后不能保存文本样式的设置。

首先是针对单个草图尺寸文本样式的设置，在草图环境下（直接草图或者草图任务环境中），执行菜单栏中【编辑】|【设置】命令，选择要编辑文本的尺寸，弹出【设置】对话框。然后为文本重新选择文字样式【chinesef_fs】（中文仿宋体），如图 2-94 所示。

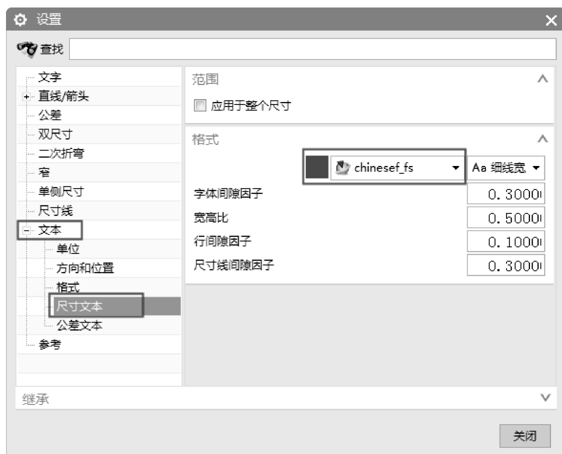



图 2-94　设置文字样式

其次是针对所有草图的文本样式设置。在建模环境下，在功能区中执行【文件】|【实用工具】|【字体】命令，打开【字体】对话框。

在【字体】对话框中先选择要替换的、编号为 1 的字体 blockfont，如图 2-95 所示。然后在下方【用以下字体替换该字体】列表中选择一种字体样式替换即可，如图 2-96 所示。

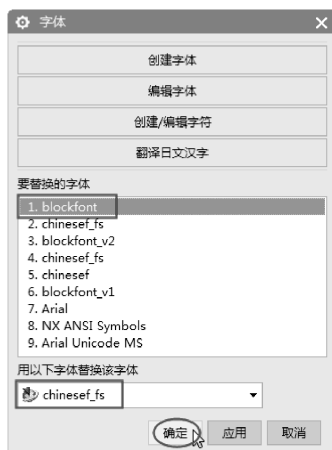



图 2-95　选择要替换的字体样式




图 2-96　完成替换的新字体样式

### 3. 如何确定绘制的草图是封闭的?

绘制的草图是开放还是封闭，我们可以利用设计特征命令如【拉伸】进行测试。首先单击【拉伸】按钮，打开【拉伸】对话框。选择绘制的草图作为截面，如果是开放的，断开处将会爆炸且高亮显示，如图 2-97 所示。反之，则不会出现爆炸。

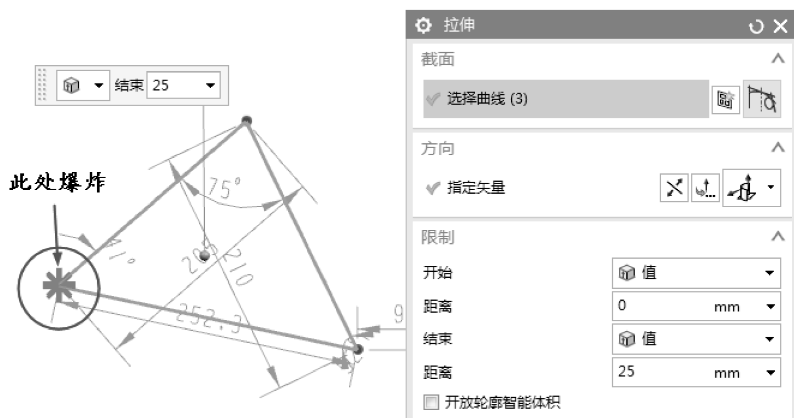



图 2-97　开放的草图

## 2.7 UG 工程师认证试题（二）

### 一、选择题

（1）草图平面不能是________。　　　　（D）

A. 实体平表面　　B. 任一平面　　C. 基准面　　D. 曲面

（2）进入草图后，通过菜单栏中【首选项】|【草图】命令，打开【草图首选项】对话框，可以对草图进行设置。下面哪个选项不属于草图首选项的内容。（C）

A. 捕捉角　B. 文本高度　C. 小数点位数　D. 尺寸界线

（3）以下哪种方式不是通过捕捉点的方式创建点的。（D）

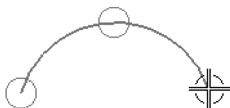
A.　B.　C.　D.

（4）下列哪个选项不是在草图中绘制矩形的方法。（C）

A. 2 个点　B. 3 个点　C. 4 个点　D. 中心和两个点

（5）下图是在草图中绘制圆弧，请指出应用了哪种绘制方法。（A）

A. 通过 3 点的圆弧　B. 中心和端点决定的圆弧　C. 不能确定　D. 以上都不是



（6）草图在特征树上显示为一个________，且具有参数化和便于编辑修改的特点。（B）

A. 模型　B. 特征　C. 片体　D. 实体

（7）从零开始建模时，第一张草图的平面选择为工作坐标系平面，然后拉伸或旋转建立毛坯，第二张草图的平面不应选择为________。（C）

A. 实体表面　B. 相关的基准面　C. 固定的基准面　D. 片体表面

（8）利用________工具可以创建一系列连接的直线和圆弧，而且在这些曲线中上一条曲线的点将变为下一条曲线的起点。（A）

A. 配置文件　B. 直线　C. 圆弧　D. 艺术样条

（9）图标代表哪个功能。（A）

A. 延迟评估　B. 评估草图　C. 更新模型　D. 定位草图

（10）下图是在草图中绘制圆，请指出哪个是用【中心和直径】的方法绘制的。（A）

A.　　B.

**二、完成草图**

完成如图 2-98 所示草图的绘制，要求全部约束。

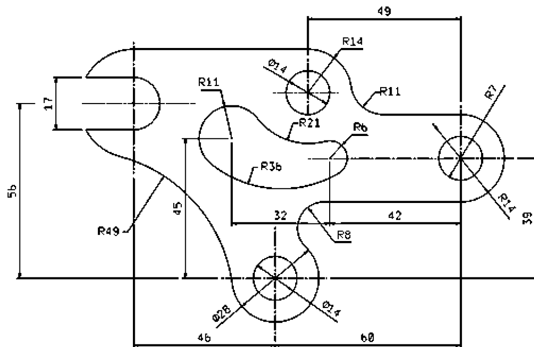



图 2-98　草图

# 第 3 章

# 基础特征建模

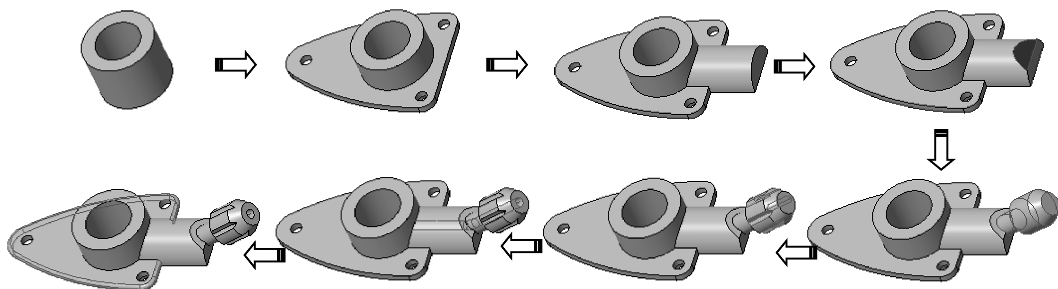
## 本章导读

特征是三维建模中重要的组成元素。模型是由一系列的几何特征构成的，几何由点、线、面、基准及实体组成。在本章中，我们将学习基础特征建模知识，基础特征就是用于构建模型的最初几何，其他附加特征均在基础特征上生成，比如构造特征、工程特征等。

## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案 例 图 | 描 述 |
| --- | --- |
| 剖面 K-K　厚度为3的安装板侧边完全倒圆角　剖面 M-M | 参照三视图构建摇柄零件模型，注意其中的对称、相切、同心、阵列等几何关系。<br>参照三视图，确定建模起点在【剖面 K－K】主视图∅32圆柱体底端平面的圆心上。<br>基于【从下往上】【由内向外】的建模原则 |



# 3.1 基于截面的扫描型特征

扫描型特征是构成部件非解析形状毛坯的基础。在【特征】面板中，用于创建扫描特征的工具包括拉伸、旋转、沿引导线扫掠和管道。接下来对这些工具一一进行介绍。





## 3.1.1 拉伸

【拉伸】就是沿着矢量拉伸截面所创建的特征。在【特征】面板中单击【拉伸】按钮，弹出【拉伸】对话框，如图3-1所示。

对话框中的各选项区功能如下。




图3-1 【拉伸】对话框

### 1. 【截面】选项区

【截面】是指拉伸特征的截面曲线，可以是开放曲线，也可以是封闭曲线。创建拉伸特征，除可选择已有的曲线、实体边、面等作为其截面曲线外，也可通过单击【绘制截面】按钮，由此进入草图环境中进行绘制。

### 2. 【方向】选项区

【方向】选项区的作用主要是确定拉伸矢量方向及更改方向。通过单击【矢量】对话框中按钮，或者从矢量下拉列表中选择矢量类型，确定拉伸矢量方向。单击【反向】按钮可改变矢量方向。

### 3. 【限制】选项区

【限制】选项区的作用是确定截面拉伸的方式，拉伸方式包括【值】【对称值】【直至下一个】【直至选定】【直至延伸部分】和【贯通】。【限制】选项区的选项如图3-2所示。

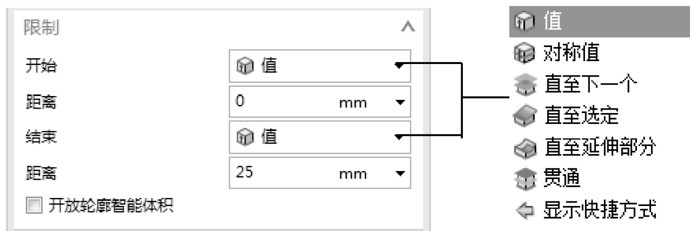



图3-2 【限制】选项区

【限制】选项区中各选项含义如下。

- 开始：拉伸特征的起始拉伸位置。
- 距离：拉伸特征的起始位置到截面曲线的距离。
- 结束：拉伸特征的终止位置。
- 距离：拉伸特征的终止位置到截面曲线的距离。

【开始】与【结束】下拉列表中包括以下几种限制方式。

- 值：通过参数方式确定拉伸特征的起始或终止位置，如图3-3所示。

● 对称值：只输入拉伸特征的终止位置参数值，程序自动以截面为对称中心，在另一侧创建出对称特征，如图 3-4 所示。

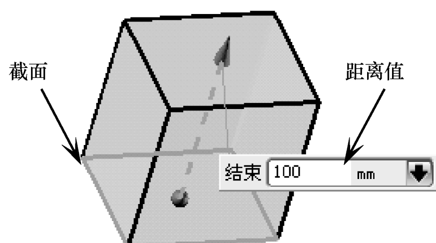


图 3-3 【值】方式

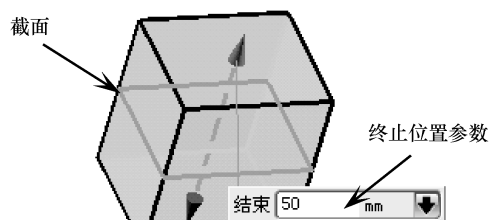


图 3-4 【对称值】方式

● 直至下一个：在截面附近若有其他参照实体（至少两个），程序自动将参照实体作为拉伸特征的起始与终止位置，如图 3-5 所示。



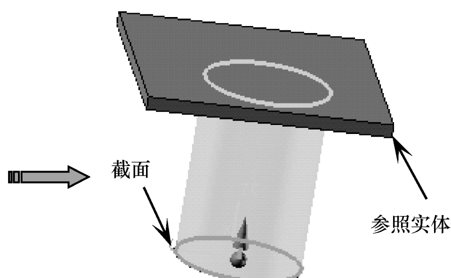



图 3-5 【直至下一个】方式

**技巧点拨**

截面的起始端是不能以【直至下一个】方式设置的，这是因为【直至下一个】本身的含义就是指终止端一直延伸到下一个实体对象截止，起始端与终止端不能同时在一个位置上。此外，参照实体必须是完全包含拉伸截面的，否则不能修剪拉伸特征。

● 直至选定：通过用户自行选择对象（此对象可为面、实体或平面）来作为拉伸特征的起始或终止位置，如图 3-6 所示。



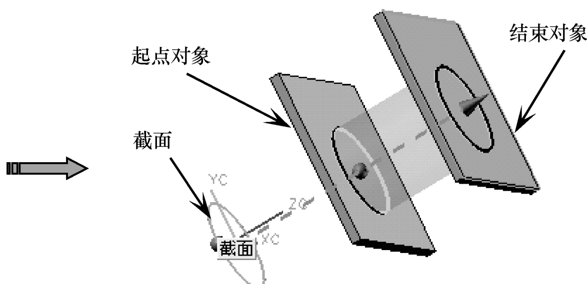



图 3-6 【直至选定】方式

● 直至延伸部分：截面延伸至选定的对象（此对象可为面、实体或平面），此方式与【直至选定】方式基本相同，如图 3-7 所示。

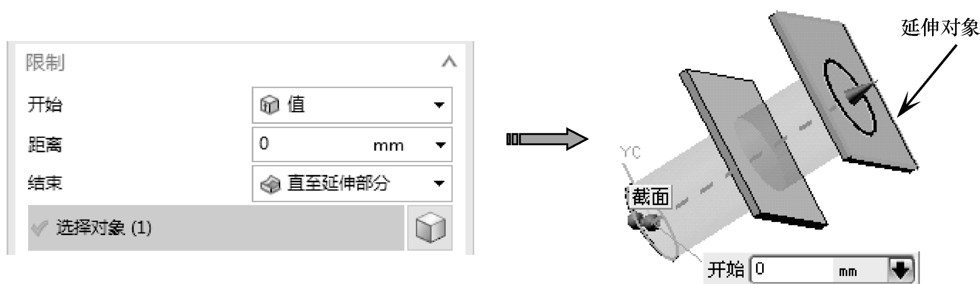



图 3-7 【直至延伸部分】方式

● 贯通：选择此方式，截面将贯穿拉伸矢量方向上的所有参照实体，其终止端在最后一个实体的尾端面上。以此方式创建的拉伸特征如图 3-8 所示。




图 3-8 【贯通】方式

| 技巧点拨 | 参照实体必须完全包容截面。此外，此方式不能应用于开始端。 |
|---|---|

4. 【布尔】选项区

【布尔】选项区主要控制拉伸特征与其他参照实体或特征之间的布尔合并、求差、求交或不作布尔运算等操作，如图 3-9 所示。




图 3-9 【布尔】选项区

5. 【拔模】选项区

【拔模】选项区用于设置截面曲线在拉伸过程中与拉伸矢量方向所形成的夹角，如图 3-10 所示（红线框选部分选项区），拉伸截面的拔模共有 6 种方式。

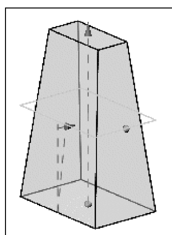


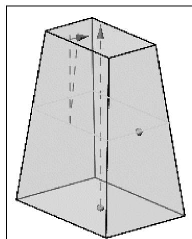

图 3-10 【拔模】选项区

在这 6 种拔模方式中，后 3 种方式仅当【限制】选项区的限制方式为【对称值】时才可用，这 6 种拔模方式的含义如下。

● 无：对截面曲线不作拔模处理。
● 从起始限制：从拉伸特征的起始端面处开始拔模，如图 3-11 所示。

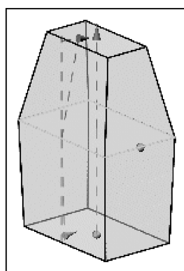
● 从截面：从拉伸截面曲线处拔模。其角度选项有【单个】和【多个】之分。【单个】就是截面曲线整体拔模。【多个】就是将截面曲线分成多段曲线，每段曲线可单独拔模，且单独拔模时取值可不相同，如图 3-12 所示。

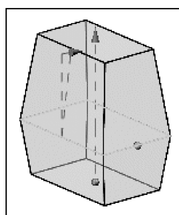

图 3-11　从起始限制


图 3-12　从截面

● 从截面－不对称角：从拉伸截面曲线处向截面两端延伸拔模，但两端拔模的【前角】（以矢量为参照，正方向上的拔模为前拔模）和【后角】（以矢量为参照，负方向上的拔模为后拔模）的取值可不相同。此拔模方式的角度选项也分为【单个】和【多个】。图 3-13 为【单个】角度选项的拔模。

● 从截面－对称角：从拉伸截面曲线处向截面两端延伸拔模，但正、反方向的拔模角取值是相同的，如图 3-14 所示。


图 3-13　从截面－不对称角


图 3-14　从截面－对称角

● 从截面匹配的终止处：即拔模至截面拉伸的终止端。也就是说，无论前端与后端的拉伸距离相差有多大，两终止端的截面大小始终相等。此种方式与【从截面－不对称角】方式的区别是，后者两终止端的截面除前角与后角值相等外，其他情况下都不相等。图 3-15 为【从截面匹配的终止处】拔模。

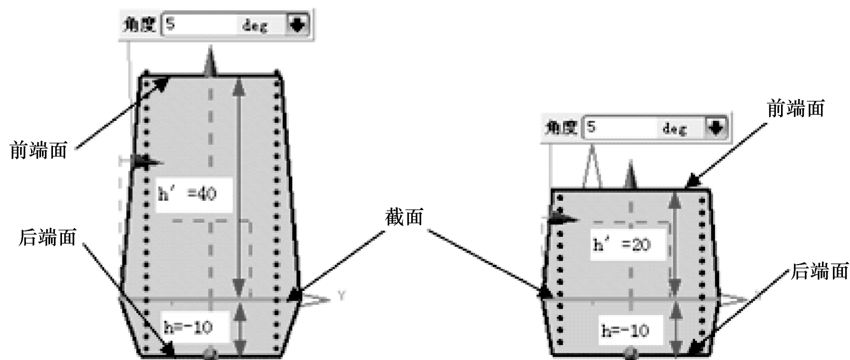


图 3-15　从截面匹配的终止处

6. 偏置

【偏置】选项区主要控制截面曲线在与拉伸矢量相垂直的方向上是否偏置。【偏置】选项区的选项设置如图 3-16 所示。




图 3-16 【偏置】选项区

包括【无】【单侧】【两侧】和【对称】4 种偏置方法，其含义如下。

- 无：截面曲线不进行偏置。
- 单侧：仅在截面曲线的内或外进行偏置。
- 两侧：在截面曲线的内和外同时进行偏置，内与外的偏置值可单独设置。
- 对称：在截面曲线的内和外同时进行偏置，但内与外的偏置值始终相等。

图 3-17 为截面曲线 4 种不同的偏置情形。

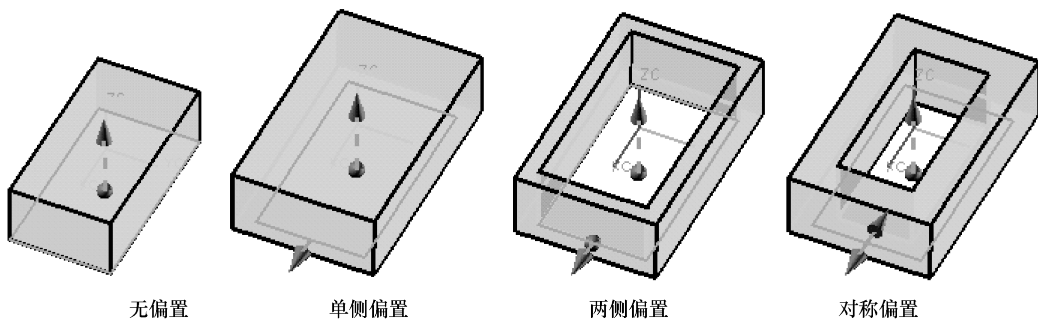



图 3-17 截面曲线 4 种不同的偏置情形

7. 设置

【设置】选项区用于设置输出的拉伸特征是片体还是实体。【设置】选项区的选项设置如图 3-18 所示。当截面曲线为开放曲线时，输出的始终是片体特征。当截面曲线为封闭曲线时，在【体类型】下拉列表中可选择【实体】选项，此时输出的是实体特征，若选择【片体】选项，则输出的是片体特征。




图 3-18 【设置】选项区



### 3.1.2 旋转

【旋转】可通过绕轴旋转创建出特征。在【特征】面板中单击【旋转】按钮，弹出【旋转】对话框，如图 3-19 所示。

旋转以下对象时可以获取实体。

- 一个封闭截面（【体类型】设置为【实体】）。

● 一个开口截面，且总的旋转角度等于360度。
● 一个开口截面，具有任何值的偏置。

旋转以下对象时可以获取片体。

● 一个封闭截面（【体类型】设置为【片体】）。
● 一个开口截面，且角度小于360度，没有偏置。

图3-20为从0到180度旋转的截面（绕轴旋转）。

对话框中的选项设置功能与【拉伸】工具对话框的选项设置功能类似，因此不再作过多的介绍。




图3-19 【旋转】对话框

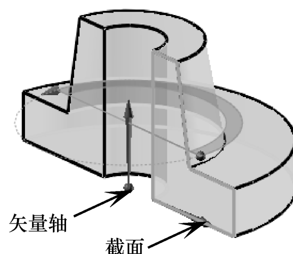



图3-20 旋转特征

通过将偏置添加到截面的两侧，可以使用【偏置】选项来创建实体。图3-21为偏置旋转特征的创建过程图解。

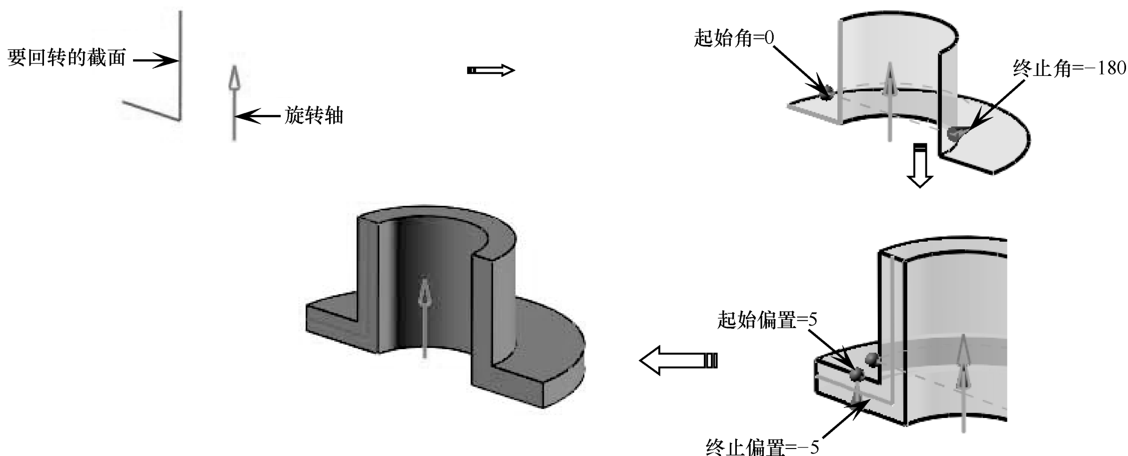



图3-21 旋转偏置



### 3.1.3 沿引导线扫掠

【沿引导线扫掠】可沿引导线扫掠截面创建出特征。在【特征】面板中单击【沿引导线

扫掠】按钮，弹出【沿引导线扫掠】对话框，如图 3-22 所示。

使用【沿引导线扫掠】命令，可以沿一条引导线扫掠一个截面来创建特征，如图 3-23 所示。通过【沿引导线扫掠】对话框，可以完成以下操作。

- 选择截面及包含连接的草图、曲线或边的引导对象。
- 选择包含尖角的引导对象。
- 创建实体或片体。




图 3-22 【沿引导线扫掠】对话框

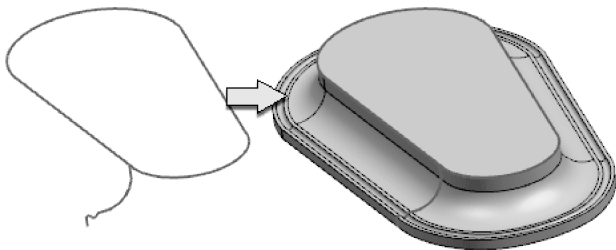


图 3-23 创建扫掠体

【沿引导线扫掠】对话框中各选项含义如下。

- 【截面】选项区中【选择曲线】：创建扫掠特征的截面曲线。
- 【引导线】选项区中【选择曲线】：创建扫掠特征的扫掠轨迹曲线。
- 第一偏置：通过输入值来创建截面的第一个偏置曲线。
- 第二偏置：通过输入值来创建截面的第二个偏置曲线。通过创建截面的偏置曲线，可创建出沿引导线扫描的管道特征。图 3-24 为没有指定和指定了偏置的状态。

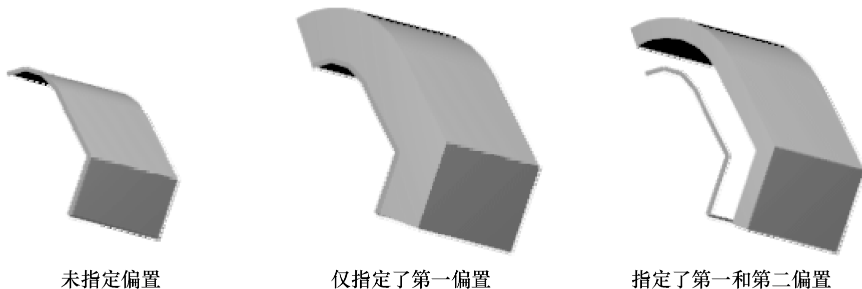



图 3-24 指定偏置

- 布尔：可以选择布尔合并、求差、求交运算。
- 体类型：用于设置输出特征的体类型，包括【实体】和【片体】类型。
- 尺寸链公差：用于设置沿引导轨迹线扫描时产生的轨迹尺寸误差。
- 距离公差：用于设置截面偏置而造成的误差。



### 3.1.4 管道

【管道】可通过沿曲线扫掠圆形截面创建特征，并可通过修改截面的直径来确定管道的

尺寸。管道是扫掠特征的一个典型案例，管道的截面由输入的尺寸参数确定。

可以使用此命令创建线扎、线束、布管、电缆或管道组件，如图3-25所示。

在【特征】面板中单击【管道】按钮，弹出【管道】对话框，如图3-26所示。

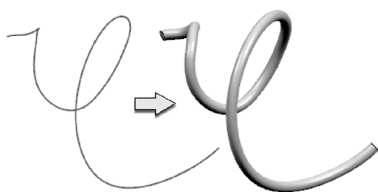


图3-25 创建管道




图3-26 【管道】对话框

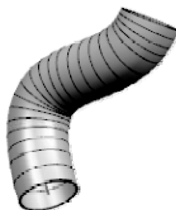
| 技巧点拨 | 若要使用【管道】命令创建扫描体，必须先创建曲线。 |
|---|---|

对话框中的选项含义如下。

- 【路径】选项区中【选择曲线】：创建管道特征的扫掠引导线。
- 【横截面】选项区中【外径】：用于设置管道横截面的外直径。
- 【横截面】选项区中【内径】：用于设置管道横截面的内直径。
- 布尔：用于进行布尔运算。
- 输出：用于设置管道特征的输出结果，包括【单段】和【多段】两种，【单段】是指若路径为多条曲线，则输出结果为单个管道特征。【多段】是指若路径为多曲线，则输出结果为多个管道特征。但是多段曲线之间必须是G2（相切）连续，否则不能创建管道，如图3-27所示。



单段



多段

图3-27 管道的输出形式

## 上机操作——双刀头电动剃须刀造型

本例中，电动剃须刀采用双刀头的造型设计，外观造型优美，触感流畅，舒适贴面，其独特的储发器设计可以使刀头剃须角度自动与用户的面部和颈部曲线相吻合。

为了更好地描述电动剃须刀外观造型设计，本例中将主要介绍剃须刀的实体模型（外形）建模，而剃须刀的结构设计不在介绍之列。

电动剃须刀的建模操作包括使用【拉伸】工具创建主体及按钮等局部特征，使用【孔】工具创建刀尾的圆孔，使用【键槽】工具创建凹槽等。电动剃须刀的造型如图3-28所示。

**01** 新建模型文件。

**02** 利用【直接草图】工具在YC-ZC基准平面上绘制如图3-29所示的草图。

**03** 使用【拉伸】工具，选择如图3-30所示的截面，创建出对称值为45、向默认方向

拉伸的实体特征。



图 3-28　电动剃须刀造型

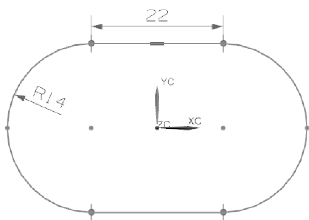



图 3-29　绘制草图

**04**　使用【拉伸】工具，选择与上步骤拉伸实体特征相同的截面，创建出对称值为 24、使用布尔合并运算、单侧偏置为 3 的拉伸实体特征，如图 3-31 所示。

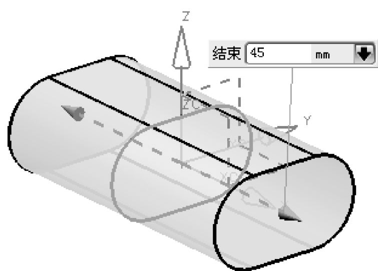



图 3-30　创建拉伸特征 1

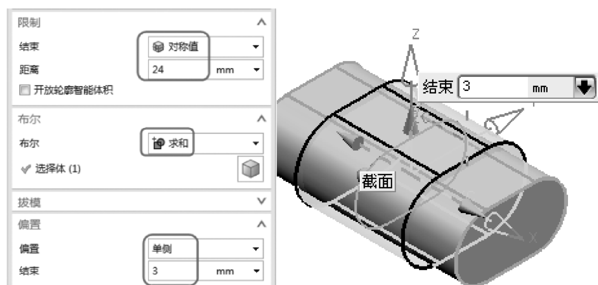



图 3-31　创建拉伸特征 2

**05**　使用【拉伸】工具，选择如图 3-32 所示的实体面作为草图平面，进入草绘模式，绘制出拉伸截面草图。退出草绘模式后，通过【拉伸】对话框设置拉伸方向为－XC方向，拉伸距离为 2、应用布尔减去运算，创建的拉伸减特征如图 3-33 所示。

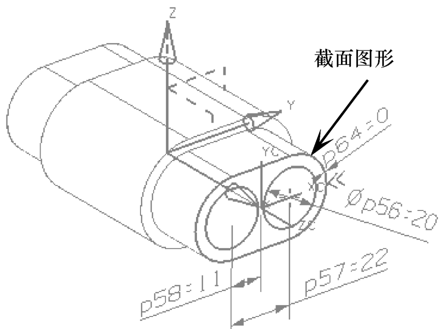



图 3-32　绘制拉伸截面图形

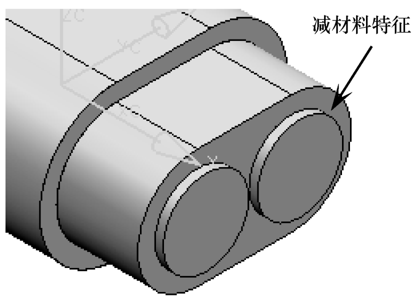



图 3-33　创建拉伸减特征

**06**　使用【孔】工具，选择如图 3-34 所示的点作为孔中心点，创建出直径为 12，深度为 1，顶锥角为 170 的简单孔特征。

**07**　同理，在对称的另一侧创建出同样尺寸的简单孔特征，如图 3-35 所示。

**08**　使用【拉伸】工具，采用如图 3-36 所示的拉伸截面及参数设置，向-ZC 方向拉伸，并创建出减材料拉伸特征。



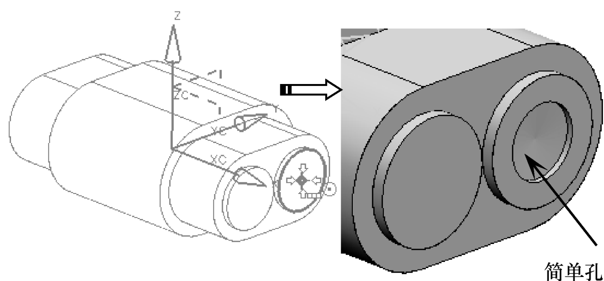



图 3-34 创建简单孔特征

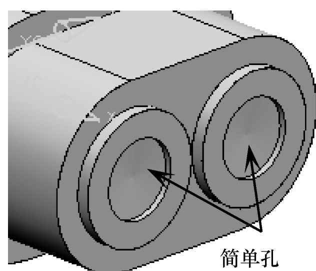



图 3-35 创建另一侧的孔特征

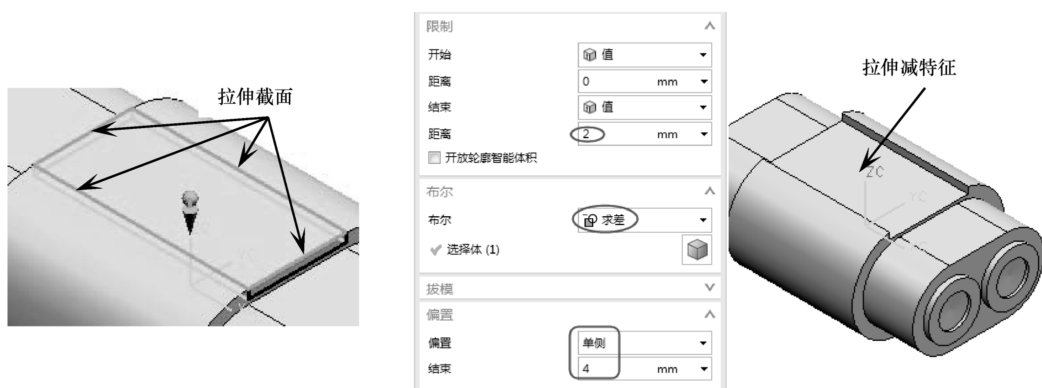



图 3-36 创建拉伸减特征

**09** 使用【垫块】工具，在如图 3-37 所示的面上创建出矩形垫块特征。

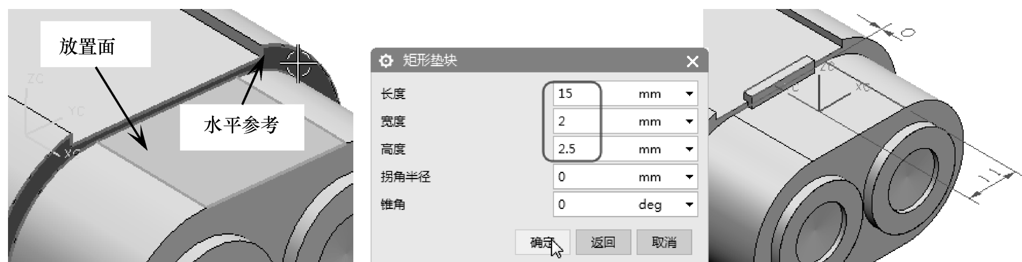



图 3-37 创建矩形垫块特征

**10** 使用【面中的偏置曲线】工具，选择如图 3-38 所示的实体边缘，创建出偏置距离为 0.5 的曲线。

**11** 使用【管道】工具，选择偏置曲线作为管道路径，管道横截面外径为 1，内径为 0，并作布尔减运算，创建的管道特征如图 3-39 所示。

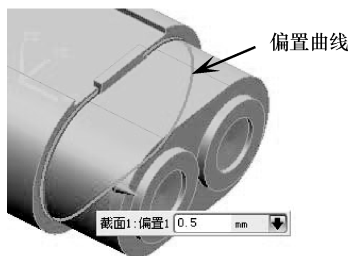



图 3-38 创建面中的偏置曲线

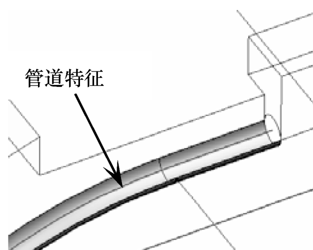



图 3-39 创建管道特征

**12** 使用【阵列特征】工具，选择管道特征进行矩形阵列，设置如图3-40所示的阵列参数后，创建出管道的阵列特征。

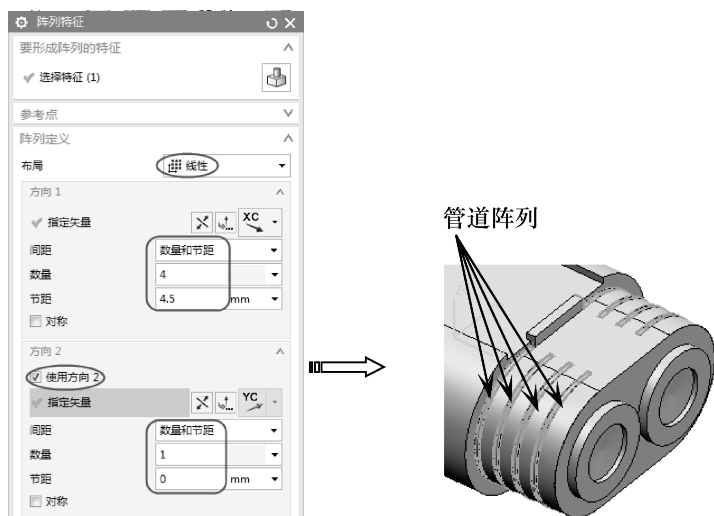



图3-40 创建管道阵列特征

**13** 使用【键槽】工具（该工具与【垫块】工具的使用方法完全相同），选择如图3-41所示的放置面、水平参考面，并设置键槽参数，完成矩形键槽特征的创建。




图3-41 创建矩形键槽特征

**14** 使用【键槽】工具，并选择如图3-42所示的放置面、水平参考面，设置键槽参数，完成矩形键槽特征的创建。




图3-42 创建矩形键槽特征

**15** 使用【垫块】工具，选择如图3-43所示的放置面、水平参考面，设置键槽参数，创建出矩形垫块特征。

**16** 在【特征】面板中单击【拔模】按钮，弹出【拔模】对话框。接着按如图3-44




图 3-43　创建矩形垫块特征

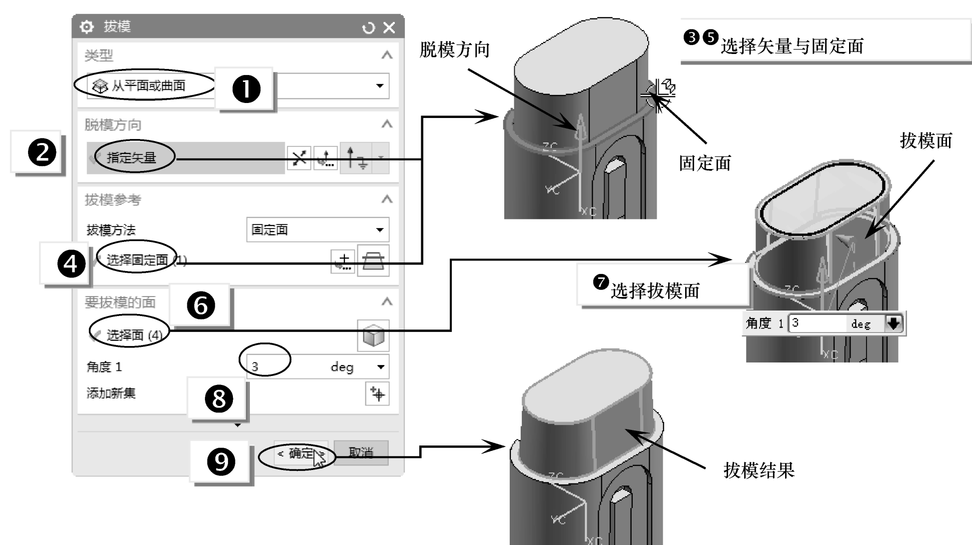



图 3-44　创建拔模特征

所示的操作步骤创建拔模特征。

**17**　使用【边倒圆】工具，选择如图 3-45 所示的边，创建出圆角半径为 4 的特征。

**18**　使用【边倒圆】工具，选择如图 3-46 所示的边创建出圆角半径为 3 的特征。

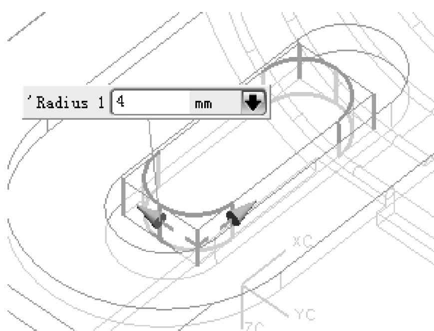



图 3-45　创建半径为 4 的圆角

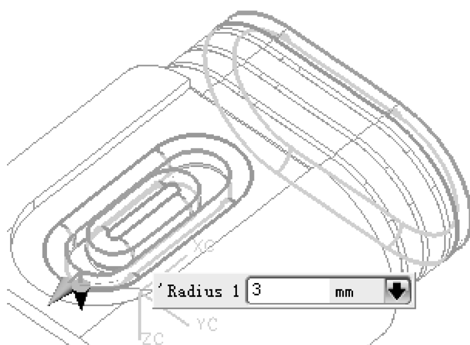



图 3-46　创建半径为 3 的圆角

**19**　使用【边倒圆】工具，选择如图 3-47 所示的边，创建出圆角半径为 1 的特征。

**20**　选择如图 3-48 所示的边，创建出圆角半径为 0.5 的特征。

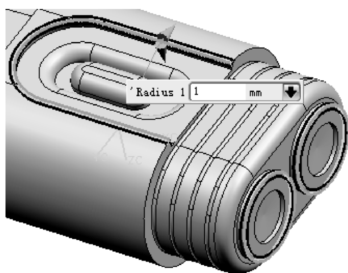



图 3-47　创建半径为 1 的圆角

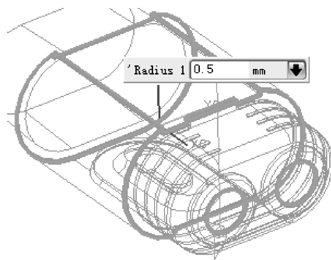



图 3-48　创建半径为 0.5 的圆角

**21**　至此，电动剃须刀的实体建模工作全部结束。最后将结果保存。

## 3.2 附加特征

附加特征是在已有特征上进行布尔求和、求差、求交以及修改局部而得到的新特征，也称为构造特征。



### 3.2.1　抽壳

【抽壳】是指通过选择一个实体面，以设定的厚度来修改实体，使实体块状体变为壳体。在产品造型设计中，通常使用【抽壳】工具来构建壳体产品。在【特征】面板中单击【抽壳】按钮，弹出【抽壳】对话框，如图 3-49 所示。

图 3-50 为创建的抽壳特征。




图 3-49　【抽壳】对话框

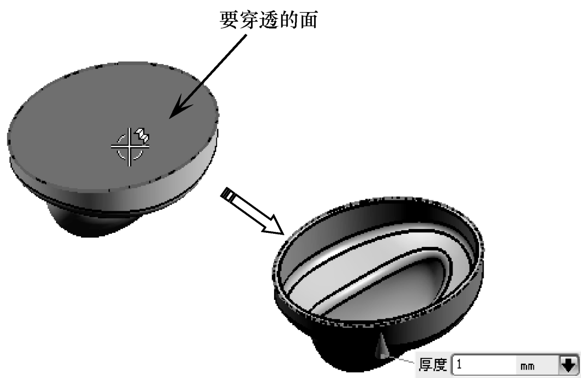



图 3-50　创建抽壳特征



### 3.2.2　螺纹

螺纹是旋转表面（一般为圆柱面）上沿螺旋线所形成的，具有相同剖面的连续凸起和沟槽。螺纹起到紧固连接作用，分为外螺纹和内螺纹，在旋转体外表面时称为外螺纹，在内表面时称为内螺纹。

在【特征】面板【更多】库中单击【螺纹】按钮，弹出【螺纹】对话框，如图 3-51 所示。该对话框中包含有两种螺纹类型：【符号】和【详细】，如图 3-52 所示。





图 3-51 【螺纹】对话框

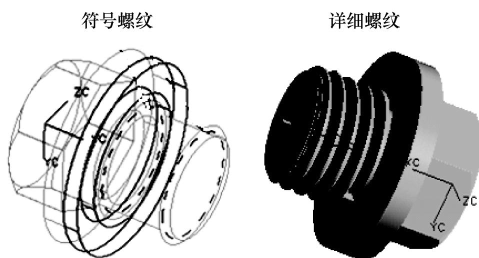



图 3-52 螺纹的两种类型

【符号】类型主要用于创建具有国际标准的螺纹特征。【详细】类型用于自行计算圆柱体并给出适合于该旋转体的螺纹参数，以此来创建非标准的螺纹特征。



### 3.2.3 拔模

【拔模】将指定特征模型的表面或边沿指定的方向倾斜一定的角度。该工具广泛应用于机械零件的铸造工艺和特殊型面的产品设计中，可以应用于同一个实体上的一个或多个要修改的面和边。

在【特征】面板中单击【拔模】按钮，弹出【拔模】对话框，如图 3-53 所示。

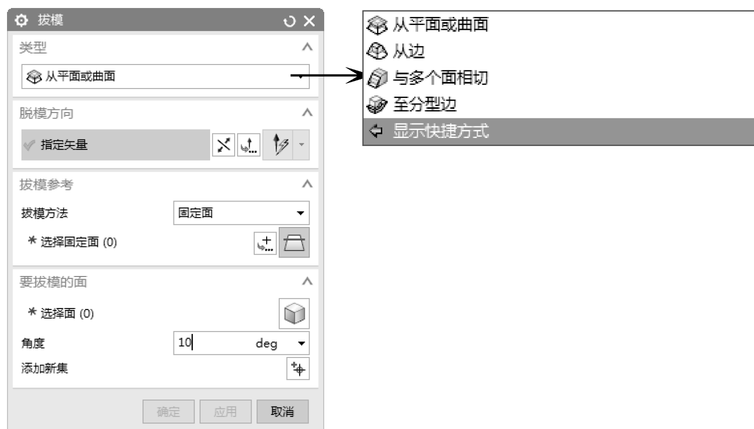



图 3-53 【拔模】对话框

【拔模】对话框中包含 4 种拔模类型：从平面、从边、与多个面相切、至分型边。其含义如下。

- 从平面或曲面：是指从固定平面开始，与拔模方向成一角度，对指定的实体表面进行拔模。以【从平面】类型创建的拔模特征如图 3-54a 所示。
- 从边：是指从固定边开始，与拔模方向成一角度，对指定的实体表面进行拔模。以

【从边】类型创建的拔模特征如图 3-54b 所示。

- 与多个面相切：此类型用于与拔模方向成一角度，对实体进行拔模，并使拔模面相切于指定的实体表面。此类型适用于对相切表面拔模后仍然保持相切的情况。以【与多个面相切】类型创建的拔模特征如图 3-54c 所示。
- 至分型边：【至分型边】类型使用指定的角度和一参考点，沿选择的边缘组进行拔模。以【至分型边】类型创建的拔模特征如图 3-54d 所示。

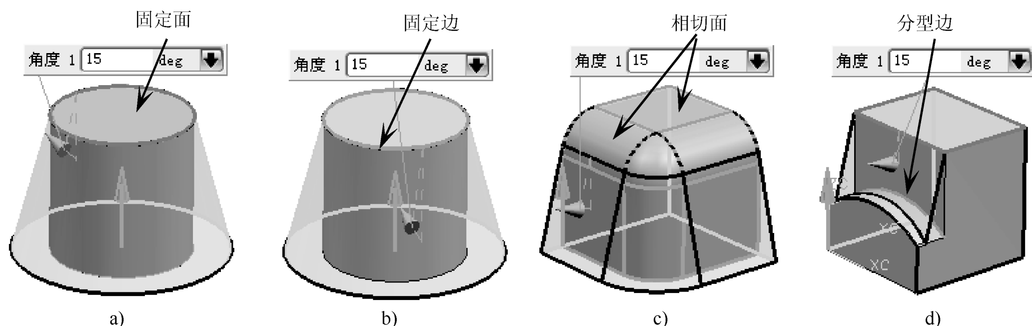



图 3-54　创建拔模特征



### 3.2.4　边倒圆

倒圆角是为了方便零件安装、避免划伤、防止用力集中。在【特征】面板中单击【边倒圆】按钮，弹出【边倒圆】对话框，如图 3-55 所示。

利用【边倒圆】对话框中的选项设置，可以创建可变半径、拐角倒角、拐角突然停止等特点的圆角特征，如图 3-56 所示。




图 3-55　【边倒圆】对话框

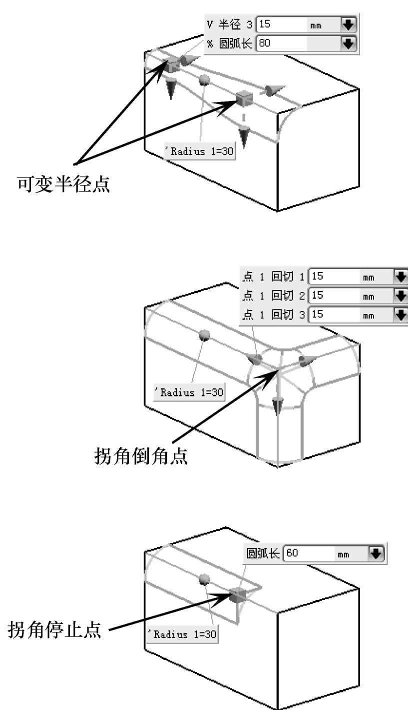



图 3-56　创建边倒圆





### 3.2.5 倒斜角

倒斜角也是工程中常用的倒角方式，是对实体边缘指定尺寸进行倒角。在实际生产当中，零件产品外围棱角过于尖锐时，为了避免划伤，可以进行倒角操作。

在【特征】面板中单击【倒斜角】按钮，弹出如图 3-57 所示的【倒斜角】对话框。

对话框中提供了三种【横截面】类型，包括【对称】【非对称】【偏置和角度】。

- 【对称】类型：选择此类型，将创建对称斜边的斜角特征，如图 3-58 所示。




图 3-57 【倒斜角】对话框

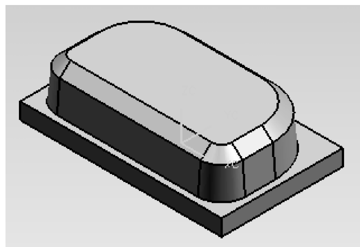


图 3-58 创建的倒斜角

- 【非对称】类型：选择【非对称】类型，则弹出如图 3-59 所示的【倒斜角】对话框，在对话框内输入相应的参数值后，生成如图 3-60 所示的倒斜角特征。




图 3-59 【倒斜角】对话框

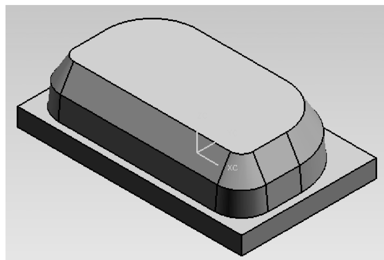


图 3-60 倒斜角效果

- 【偏置和角度】类型选择【偏置和角度】横截面类型，弹出如图 3-61 所示的【倒斜角】对话框，在其中输入相应参数后，单击【确定】按钮，生成如图 3-62 所示的倒斜角特征。




图 3-61 【倒斜角】对话框

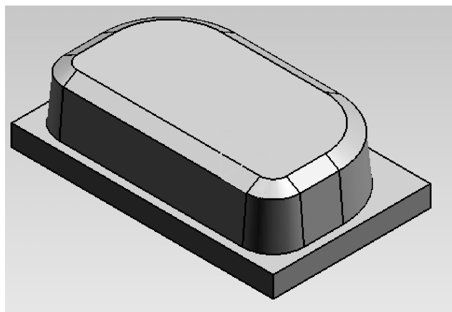


图 3-62 倒斜角效果



### 3.2.6 孔特征

【孔】可在实体面创建圆形切割特征或者异形切割特征，通常用来创建螺纹底孔、螺丝过孔、定位销孔、工艺孔等。

在菜单栏中选择【插入】|【设计特征】|【孔】命令，或者单击【特征】组中【孔】按钮，弹出【孔】对话框，如图3-63所示。各种类型的孔介绍如下。

- 常规孔：创建指定尺寸的简单孔、沉头孔、埋头孔或锥孔特征，需要指定草绘孔点以及孔形状尺寸。
- 钻形孔：使用ANSI或者ISO标准创建简单的钻形孔特征。
- 螺钉间隙孔：创建简单的、沉头、埋头通孔。
- 螺纹孔：创建带螺纹的孔。
- 孔系列：创建起始、中间和结束孔尺寸一致的多形状、多目标体的对齐孔。



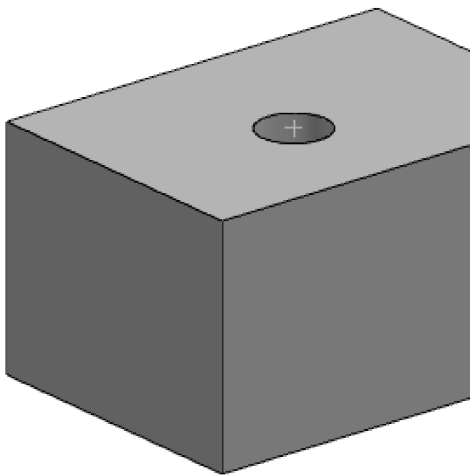



图3-63 常规孔、钻形孔、螺钉间隙孔

## 上机操作——管件设计

本例中，管件的结构图如图3-64所示。具体制作步骤如下。

（1）创建底座

**01** 新建UG模型文件。

**02** 在【特征】面板中单击【拉伸】按钮，打开【拉伸】对话框。

**03** 单击【拉伸】对话框中【绘制截面】按钮，弹出【创建草图】对话框，保留程序默认的草图平面，单击【确定】按钮，进入草图环境，如图3-65所示。

**04** 在草图环境图形区中绘制如图3-66所示的草图，完成后单击【草图生成器】面板中【完成】按钮完成草图，退出草图环境。



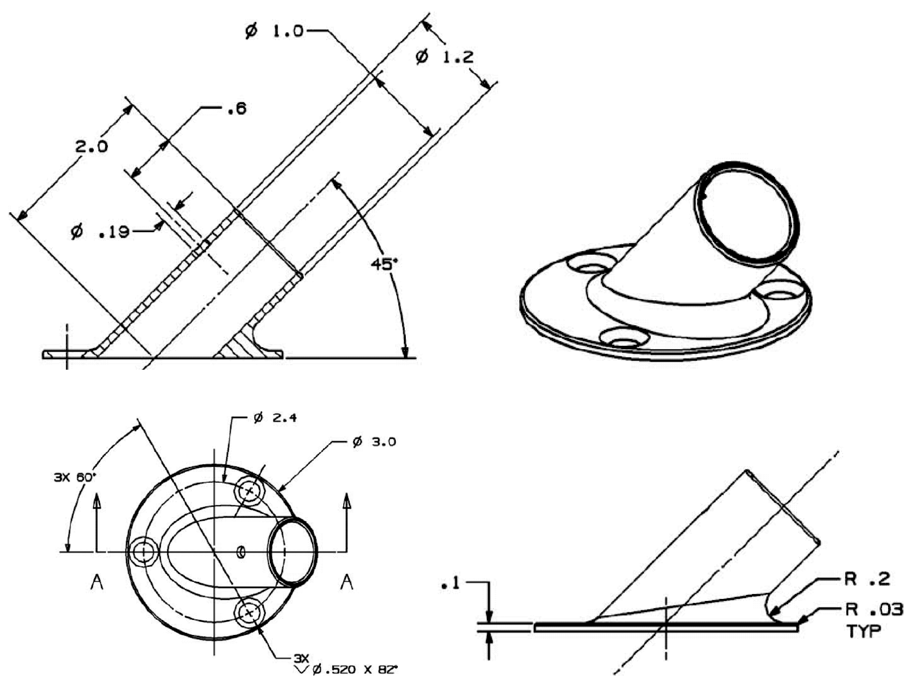



图 3-64　管件结构图




图 3-65　进入草图环境

**05**　在【拉伸】对话框的【限制】选项区中将【开始】距离设为0，【结束】距离设为0.1，保留其余选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成底座实体特征的创建，如图3-67所示。

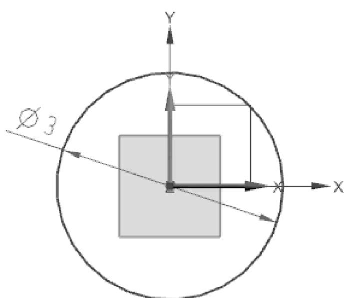



图 3-66　绘制草图

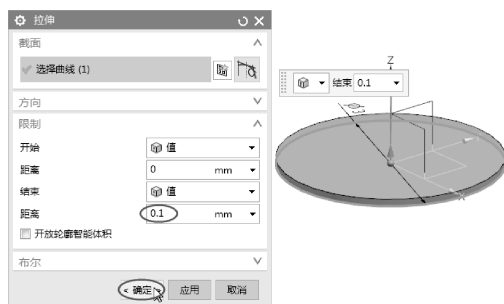



图 3-67　创建的底座特征

(2) 创建底座埋头孔

**01**　在【特征】面板中单击【孔】按钮，打开【孔】对话框。

**02**　在【位置】选项区中单击【绘制截面】按钮，并以底座上表面作为草图平面，进入草图环境中，如图 3-68 所示。

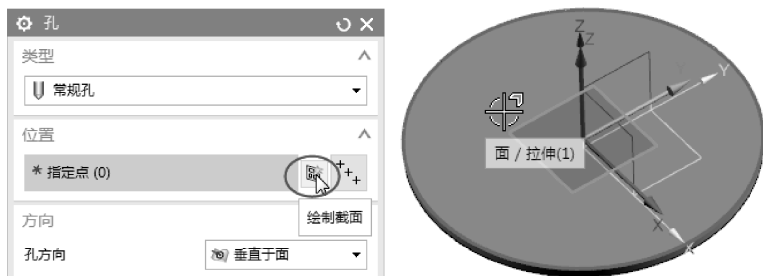



图 3-68　选择绘制孔截面的草图平面

**03**　在草图环境中绘制如图 3-69 所示的 3 个点，完成后单击【完成】按钮，退出草图环境。

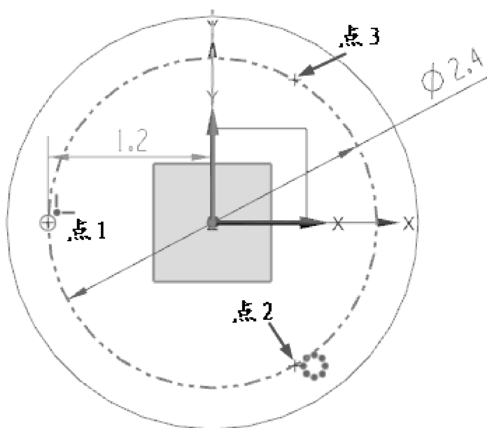



图 3-69　绘制 3 个点

**04**　在【孔】对话框的【形状和尺寸】选项区中选择【埋头孔】成型选项，接着在【尺寸】选项区中输入如图 3-70 所示的参数值，按下【Enter】键。

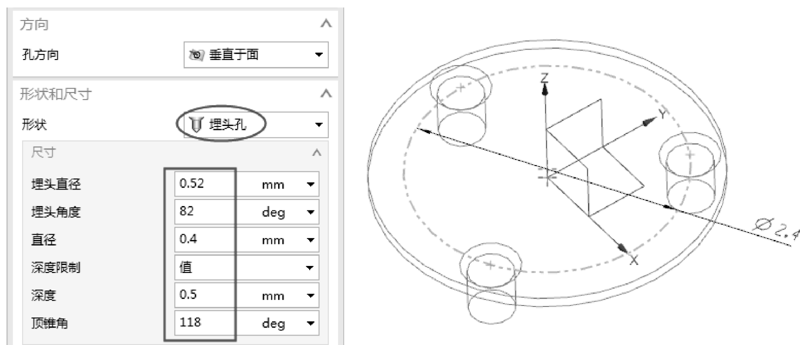


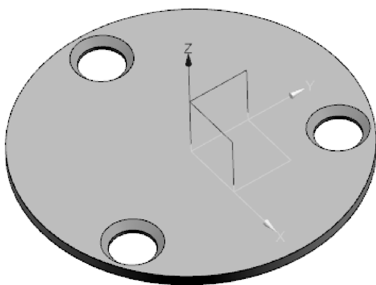

图 3-70　设置孔形状与尺寸参数

**05** 最后单击【确定】按钮，完成埋头孔的创建，如图 3-71 所示。

（3）创建斜管身

**01** 在【特征】面板中单击【旋转】按钮，打开【旋转】对话框。

**02** 在绘图区中直接选择基准坐标系的 XC-ZC 平面作为草图平面，自动进入草图环境，如图 3-72 所示。


图 3-71 完成埋头孔的创建

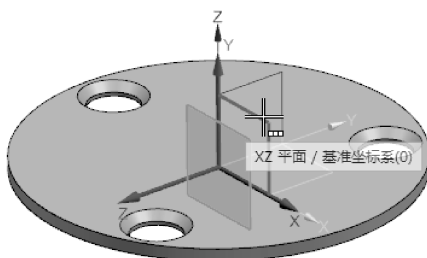


图 3-72 选择草图平面

**03** 绘制如图 3-73 所示的草图，完成后单击【完成】按钮，退出草图环境。

**04** 返回至【旋转】对话框中，按信息提示在图形区中选择草图曲线（转换成虚线）作为旋转矢量轴，如图 3-74 所示。

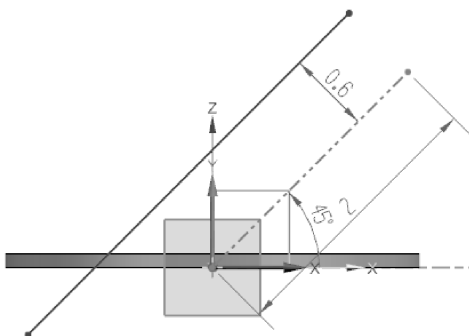
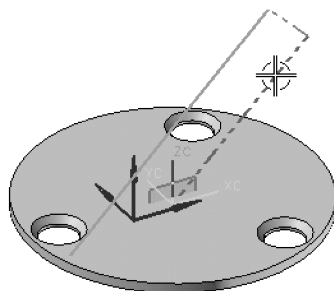


图 3-73 绘制草图


图 3-74 指定旋转轴

**05** 在【偏置】选项区的【偏置】下拉列表中选择【两侧】选项，并在【结束】数值框中输入值 0.1，保留对话框中其余选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成管身的创建，如图 3-75 所示。



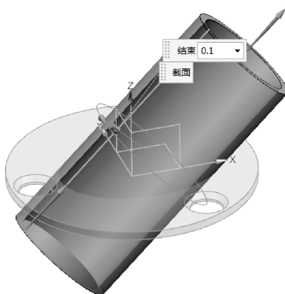


图 3-75 完成 N 边曲面的创建

**06** 创建管特征后，还要与底座作布尔操作，减出多余部分。在【特征】面板中单击【修剪体】按钮，打开【修剪体】对话框。

**07** 按信息提示选择管身作为修剪目标体，如图 3-76 所示。

**08** 在【工具】选项区中激活【选择面或平面】命令，接着在上边框条中选择【单个面】约束规则，再选择底座下表面作为工具体，如图 3-77 所示。

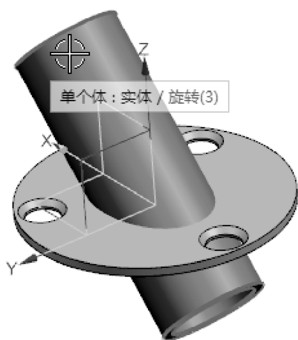



图 3-76　选择修剪目标体

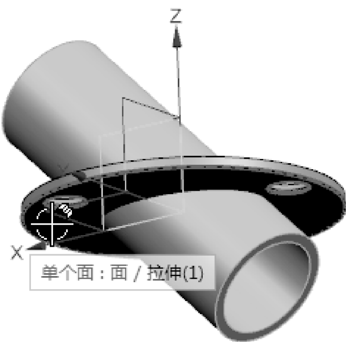



图 3-77　选择修剪工具体

**09** 根据图形区的修剪预览结果，单击【反向】按钮来调整修剪结果，如图 3-78 所示。



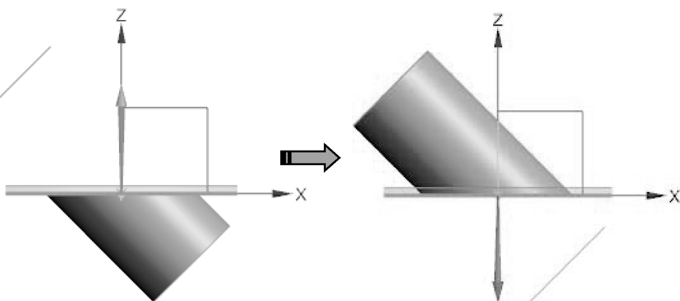




图 3-78　调整修剪结果

**10** 单击对话框中【确定】按钮，完成管身的修剪。

**11** 在【修剪体】对话框没有关闭的情况下，按信息提示继续选择底座作为目标体，如图 3-79 所示。

**12** 在【工具】选项区中激活【选择面或平面】命令，然后选择管身内表面作为工具曲面，如图 3-80 所示。

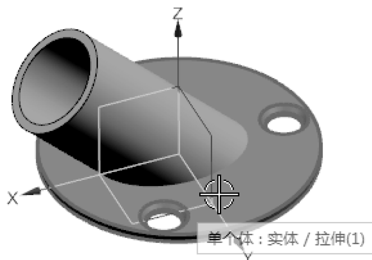



图 3-79　选择修剪目标体

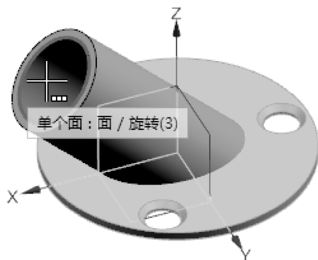



图 3-80　选择修剪工具曲面

**13** 在确定修剪方向指向管内后，单击对话框中【确定】按钮，完成管身的修剪，如图 3-81 所示。

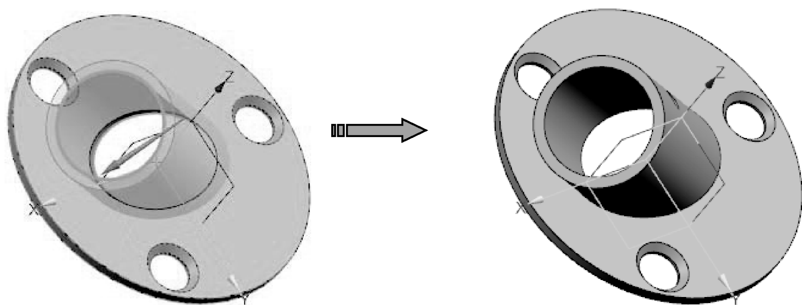


图 3-81 完成管身的修剪

（4）创建管身小孔

**01** 在【特征】面板中单击【旋转】按钮，打开【旋转】对话框。

**02** 选择基准坐标系的 XZ 平面作为创建小孔的草图平面，并进入草图环境。

**03** 在草图环境中绘制如图 3-82 所示的草图，完成后单击【完成】按钮，退出草图环境。

**04** 返回至【旋转】对话框中，选择草图曲线（虚线）作为旋转矢量轴，如图 3-83 所示。

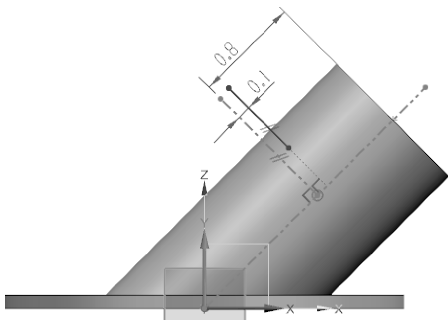



图 3-82 绘制草图

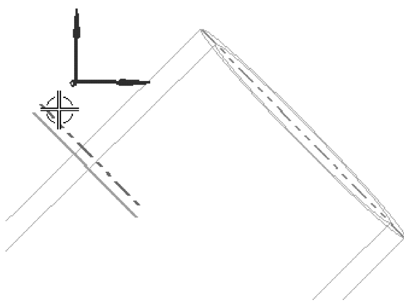


图 3-83 指定旋转轴

**05** 在【布尔】选项区中选择【求差】运算，然后选择管身作为要求差的体，最后单击【确定】按钮，完成小孔的创建，如图 3-84 所示。

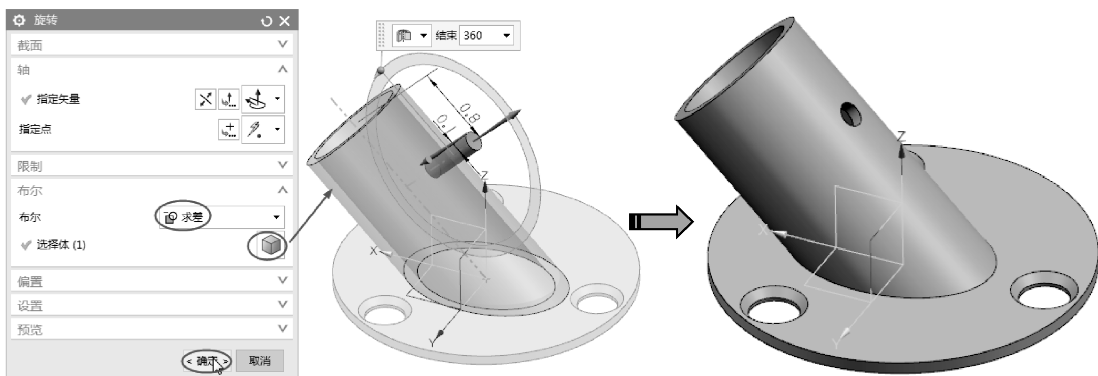



图 3-84 创建小孔

（5）倒圆角处理

**01**　使用【特征】面板中的【合并】工具，将管身和底座合并。

**02**　在【特征】面板中单击【边倒圆】按钮，打开【边倒圆】对话框。

**03**　首先在对话框的【要倒圆的边】选项区的【半径 1】数值框中输入值 0.03，然后选择底座上表面边缘和管身外端边缘作为倒圆边，如图 3-85 所示。单击【确定】按钮，完成圆角操作。

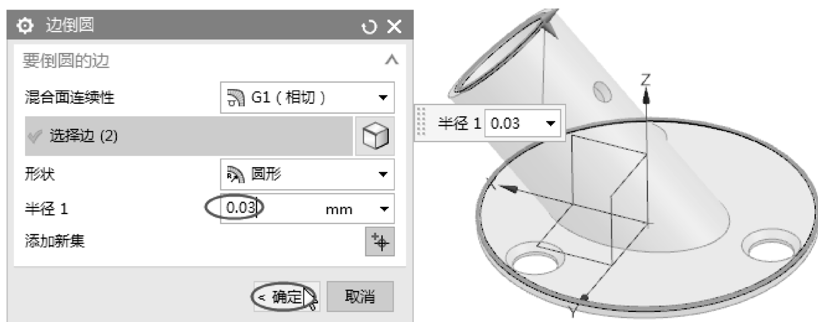



图 3-85　选择边以倒圆角

**04**　继续选择管身与底座相交的边缘作为要倒圆的边，并将其半径值更改为 0.2，如图 3-86 所示。

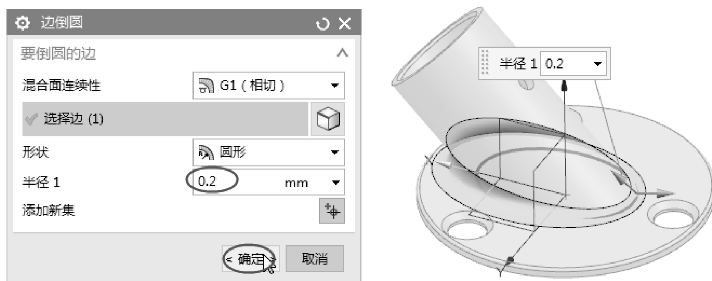



图 3-86　选择第二集合的边

**05**　保留对话框中其余选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成管件的倒圆角处理，最终结果如图 3-87 所示。

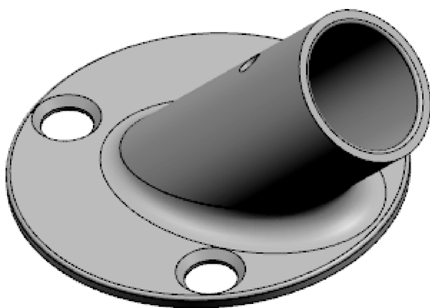


图 3-87　创建完成的管件

# 3.3 建模技法详解与训练



## 3.3.1 三维建模看图与建模思路分析

对于新手而言，快速有效地建立三维模型是一大难题，其实归纳一下无非是以下几个难点。

- 软件中的建模指令不熟悉。
- 视新手掌握工程制图知识的程度，看图纸有一定难度。
- 模型建立的先后顺序模糊不清，无从下手。

对于同样的模型，我们可以用不同的建模思路（思路不同所利用的指令也会不同）去建立，【条条道路通罗马】就是这个意思。

基于以上列出的3点，前两点可以在长期的建模训练中得到解决或加强。最关键的就是第三点：建模思路的确定。接下来谈谈基本的建模思路。

目前，建模手段分三种：参照图纸建模、参照图片建模和逆向点云构建曲面建模。其中，参照图片建模和逆向点云建模在曲面建模中得到完美体现，故本节不作重点讲解，下面仅讲解参照图纸建模的建模手段。

### 1. 参照一张图纸建模

需要为一张机械零件图纸进行三维建模时，图纸是唯一的参照，模型建立完成的方式有两种：叠加法和消减法。

（1）叠加建模思路

图3-88是一个典型的机械零件立体视图，立体视图中标清、标全了尺寸。

虽然只有一个视图，但尺寸一个都没有少，据此可以建立三维模型。问题是如何一步一步去实现呢？叠加建模思路如下。

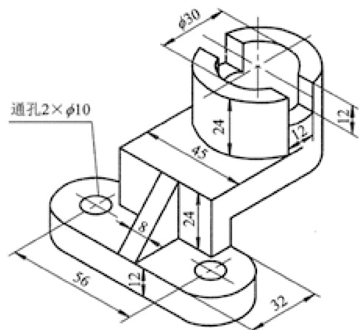


图3-88 零件立体视图及尺寸标注

- 首先查找建模的基准，也就是建模的起点。此零件（或者说此类零件）都是有【座】的，我们称为【底座】。凡是有底座的零件，一律从底座开始建模。
- 找到建模起点，即可遵循【从下往上】、【从上往下】、【由内向外】或者【由外向内】的原则依次建模。
- 在遵循建模原则的同时，还要判断哪些是主特征（软件中称为【父特征】），哪些是附加特征（软件中称为【子特征】）。先有主特征，再有子特征（不过有些子特征可以和主特征一起建立，省略操作步骤），千万要记住！
- 就此零件，我们可以给出一个清晰的建模流程，如图3-89所示。

（2）消减法建模思路

消减法建模与叠加法建模恰恰相反，此法应用的案例要少于叠加法，主要是原因是建模的逻辑思维是逆向的，不便于掌握。

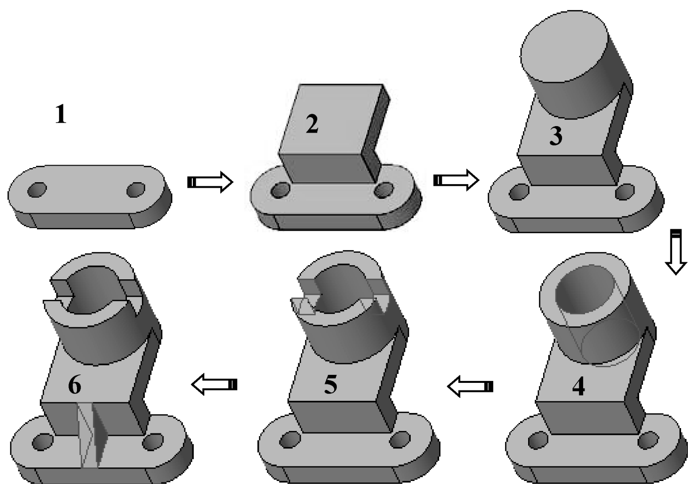



图 3-89　【叠加法】建模流程

图 3-90 是一个机械零件的立体视图。观察模型得知，此零件有底座，那么建模从底座开始，但由于采用了消减法建模，所以我们必须首先建立出基于底座最低面至模型的最顶面之间的高度模型，然后再逐一按照从上到下的顺序依次减除多余部分体积，直至得到最终的零件模型。图 3-91 为消减法的建模流程分解图。

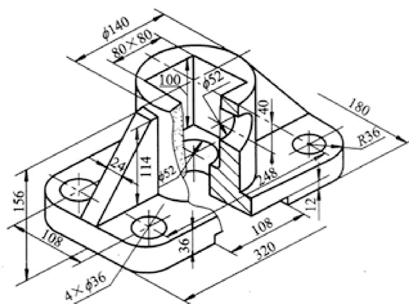



图 3-90　机械零件

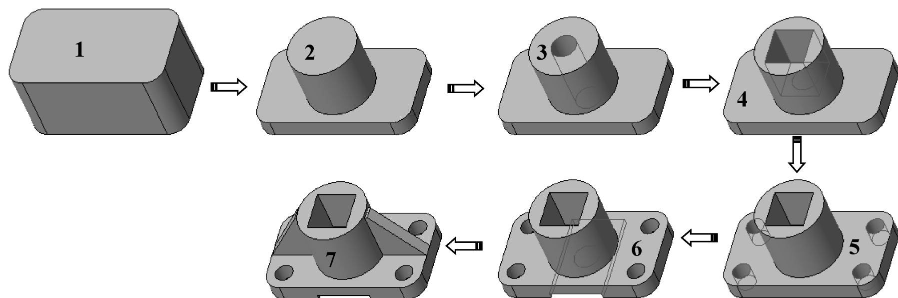



图 3-91　消减法建模流程

（3）总结

从建模流程的图解中我们可以看出，前面介绍的两种建模方法并非完全是叠加或消减，而是两者相互融合使用。比如【叠加法】中第 4 步和第 5 步就是消减步骤，而【消减法】建模流程中的第 7 步就是叠加的特征。说明我们建模的时候，不能单纯靠某一种方式去解决问题，而是多方面地分析，当然，能够采用单独某一种建模方法解决的，也不必再用上另一种方式，总之，以【最少步骤】完成设计。

**2. 参照三视图建模**

如果图纸是多视图的，能完整清晰地表达出零件各个视图方向及内部结构的情况，那么

建模就变得相对容易多了。

图 3-92 为一副完整的三视图及模型立体视图（轴侧视图），图纸中还直接给出了建模起点，也就是底座所在平面。这个零件属于对称型的零件，用【拉伸】命令即可完成，结构比较简单，图 3-93 为建模思路图解。

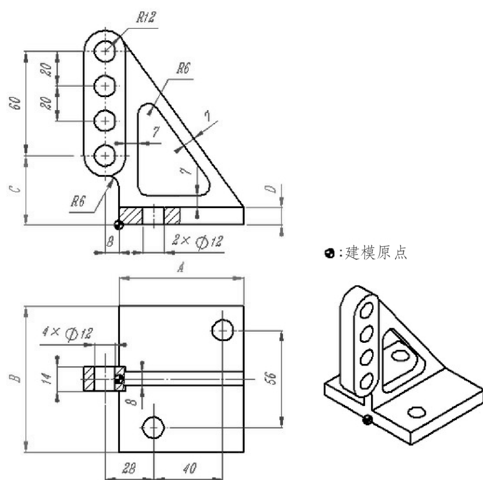


图 3-92　零件三视图

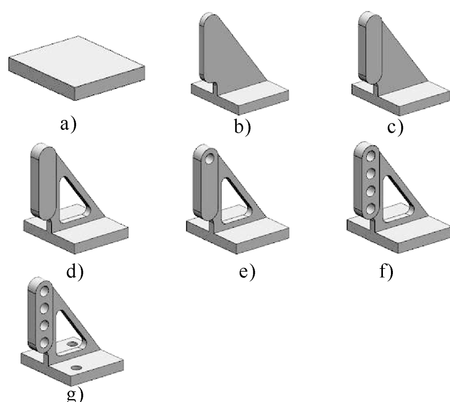


图 3-93　建模流程

图 3-94 所示的零件三视图中，零件的建模起点虽然在底部，但是由于底座由 3 个小特征组合而成，要遵循由大到小、由内向外的建模原则，以此完成底座部分的创建，然后才是从下往上、由父到子依次建模。图 3-95 为建模思路图解。

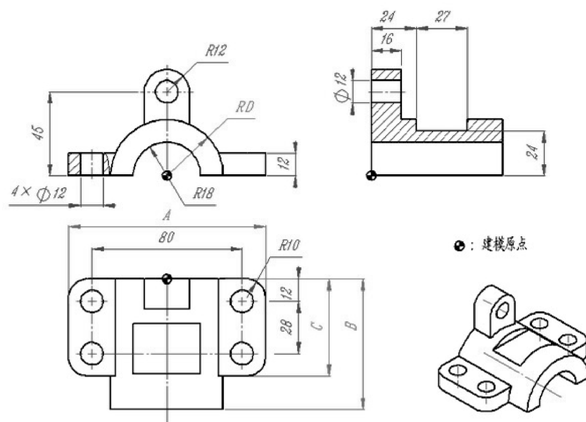


图 3-94　零件三视图

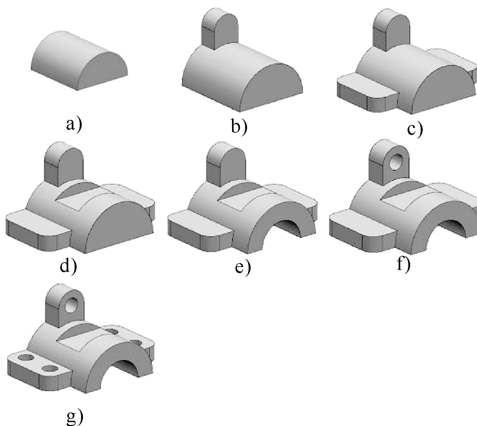


图 3-95　建模流程

最后我们再看一张零件的三视图，如图 3-96 所示。此零件与图 3-94 的模型结构类似。不过在本零件中我们可以从上往下进行建模，理由是最顶部的截面是圆形，圆形在二维图纸中通常充当的是尺寸基准、定位基准。此外，顶部的这个特征是圆形，可以独立创建出来，无需参照其他特征来完成，在 UG 软件中通常可以使用 3 种不同命令来创建：【拉伸】【旋转】或者【扫描】。

图 3-97 为零件的建模思路图解。

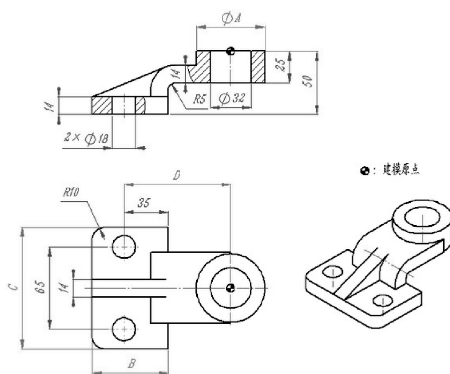



图 3-96　零件三视图

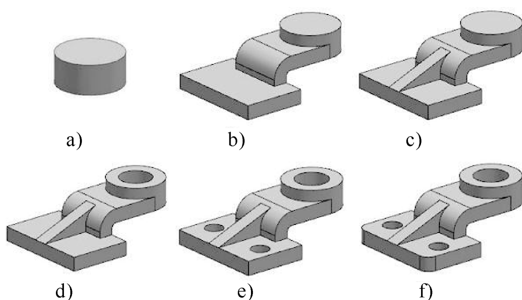



图 3-97　零件的建模流程



## 3.3.2　建模训练——摇柄零件设计

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 摇柄零件 . prt
演示视频路径：视频 \ Ch03 \ 摇柄零件设计 . avi

参照如图 3-98 所示的三视图构建摇柄零件模型，注意其中的对称、相切、同心、阵列等几何关系。参数：A＝72，B＝32，C＝30，D＝27。

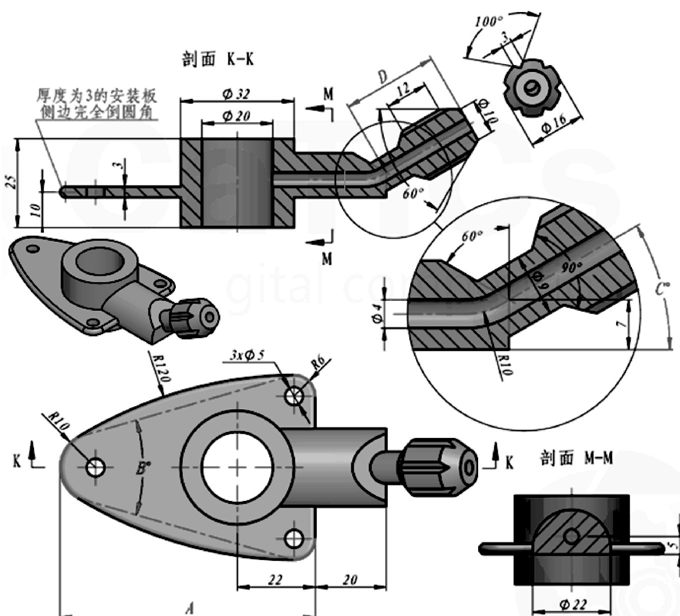



图 3-98　摇柄零件三视图

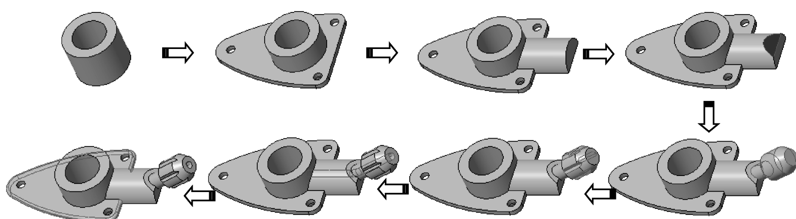
**绘图分析：**

(1) 参照三视图，确定建模起点在【剖面 K－K】主视图∅32 圆柱体底端平面的圆心上。

(2) 基于【从下往上】、【由内向外】的建模原则。

(3) 所有特征的截面曲线来自于各个视图的轮廓。

(4) 建模流程的图解如图 3-99 所示。


图 3-99　建模流程图解

**设计步骤：**

**01**　新建 UG 模型文件并命名为【摇柄】。

**02**　创建第 1 个主特征——拉伸特征。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【拉伸】按钮。
- 选择 XY 平面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-100 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【拉伸】对话框中设置拉伸限制类型为【对称值】，距离为 1.5，单击【确定】按钮完成创建，如图 3-101 所示。

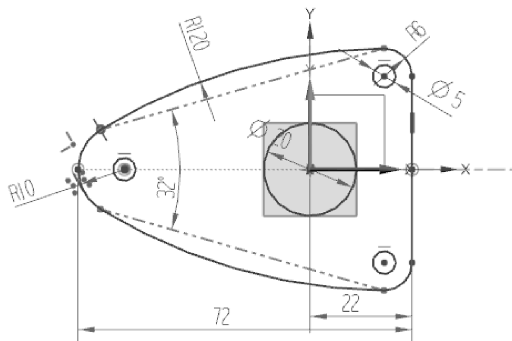


图 3-100　绘制草图

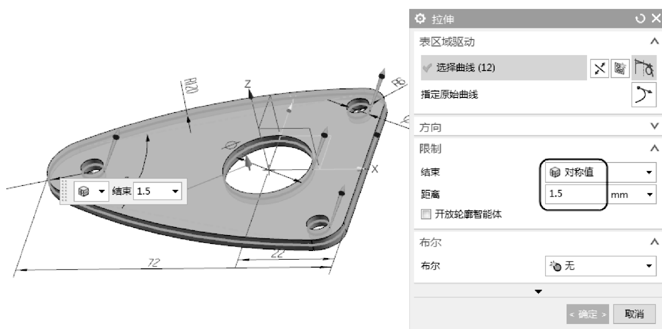


图 3-101　创建拉伸特征 1

| 技巧点拨 | 草图中的虚线是为了表达角度标注而建立的，退出草绘环境时最好删除，避免草绘的不完整性。 |
| --- | --- |

**03**　在【特征】组中单击【面倒圆】按钮 面倒圆，在【面倒圆】对话框中设置【三面】类型，然后依次选择拉伸特征上表面、下表面和侧面，创建如图 3-102 所示的面倒圆。

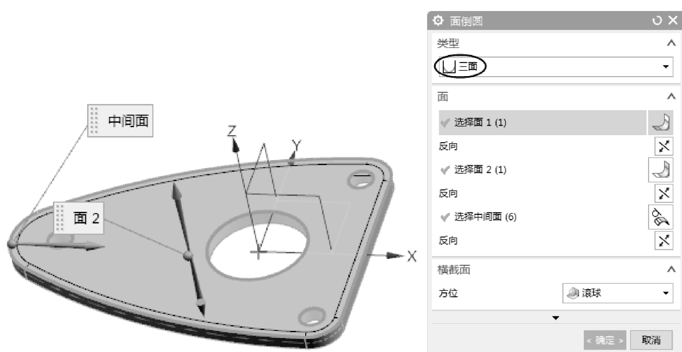


图 3-102　创建面倒圆

**04**　创建第 2 个主特征——拉伸特征。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【拉伸】按钮。
- 选择 XY 平面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-103 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【拉伸】对话框中设置拉伸开始距离为 –10，结束距离为 15，单击【确定】按钮完成创建，如图 3-104 所示。

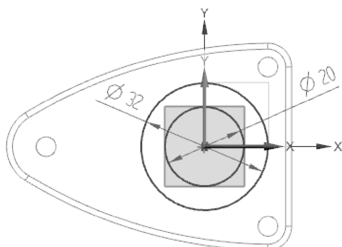


图 3-103　绘制草图



图 3-104　创建拉伸特征 2

**05**　创建第 3 个特征。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【拉伸】按钮。
- 选择 YZ 平面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-105 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【拉伸】对话框【限制】选项区中设置开始类型为【直至延伸部分】，并选择拉伸特征 2 的侧面为参考，设置结束值为 42，单击【确定】按钮完成创建，如图 3-106 所示。

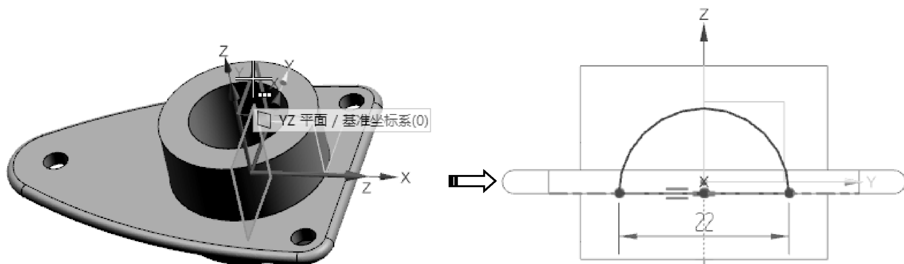


图 3-105　绘制草图




图 3-106　创建拉伸特征 3

**06**　创建第 4 个特征，此特征其实是第 3 个特征的子特征。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【拉伸】按钮。
- 选择 XZ 平面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-107 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【拉伸】对话框【限制】选项区中设置结束类型为【对称值】，在【布尔】选项区中设置【减去】布尔运算类型，单击【确定】按钮完成创建，如图 3-108 所示。

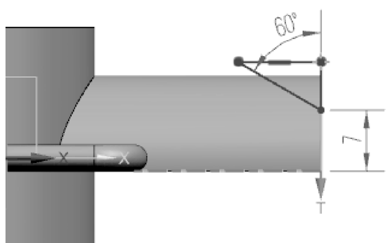



图 3-107　绘制草图




图 3-108　创建拉伸特征 4

**07**　创建第 5 个特征，该特征由【旋转】工具创建。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【旋转】按钮 旋转。
- 选择 XZ 平面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-109 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【旋转】对话框中单击【确定】按钮完成创建，如图 3-110 所示。

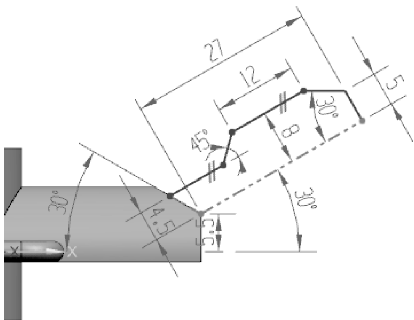



图 3-109　绘制草图

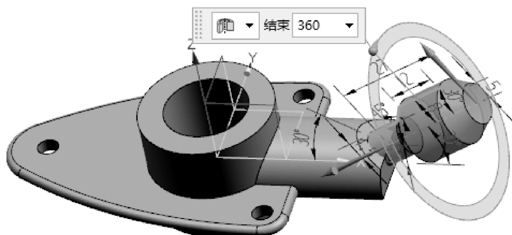



图 3-110　创建旋转特征 1

**08**　创建子特征——拉伸切除。

- 在【主页】选项卡【特征】组中单击【拉伸】按钮。
- 选择旋转特征端面为草图平面，进入草绘环境，绘制如图 3-111 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后在【拉伸】对话框中设置拉伸深度类型，在【布尔】选项区中设置【减去】布尔运算类型，单击【确定】按钮完成拉伸减除操作，如图 3-112 所示。

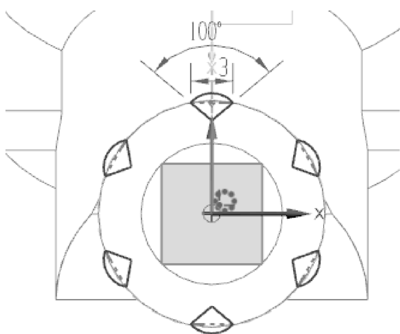


图 3-111　绘制草图



图 3-112　创建拉伸减除特征

**09**　创建子特征——扫描切除特征。

- 在【特征】组中单击【草图】按钮，选择 XZ 平面作为草图平面，绘制如图 3-113 所示的草图曲线。
- 在【曲面】选项卡【曲面】组【更多】命令库中单击【管】按钮 管，打开【管道】对话框。选取上步骤绘制的曲线作为管道路径，如图 3-114 所示。

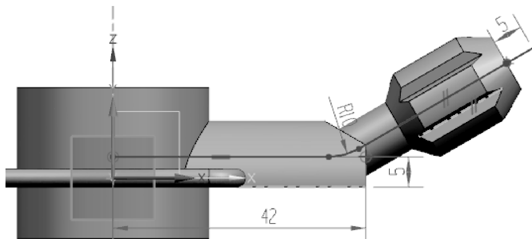


图 3-113　绘制草图曲线

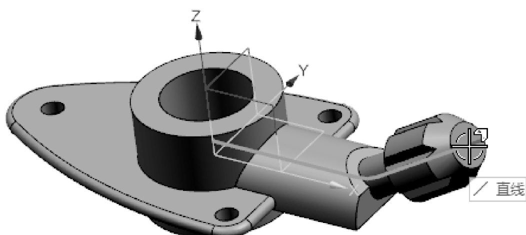


图 3-114　选取管道路径

- 在【管】对话框中设置横截面【外径】为 4，【内径】为 0，单击【确定】按钮完成管道的创建，如图 3-115 所示。



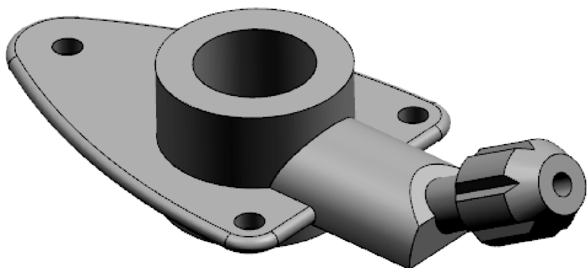



图 3-115　创建管道特征





● 至此完成整个摇柄零件的创建。

## 3.4 常见技巧解析与答疑

### 1. 如何在 UG 中进行三维尺寸标注？

在 UG 中为三维模型进行标注时，需要利用 PMI（产品和加工信息）模块。首先在功能区【应用模块】选项卡中单击 PMI，打开 PMI 模块，如图 3-116 所示。

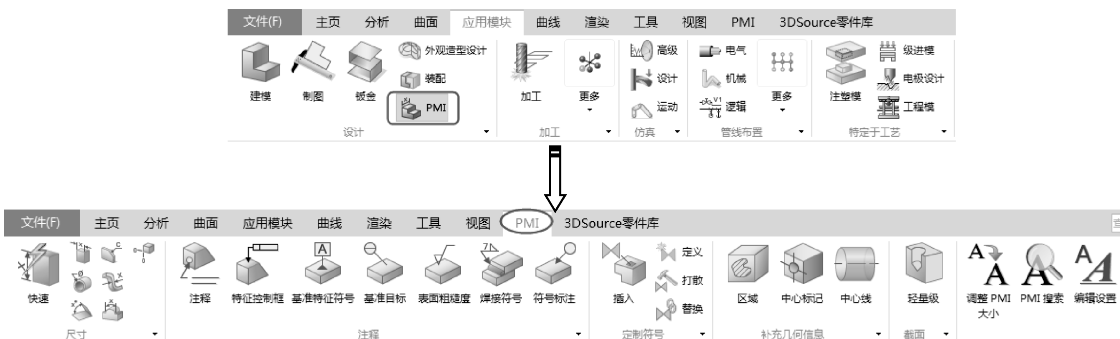



图 3-116　打开 PMI 模块

下面为一个长方体进行尺寸标注。在【尺寸】面板中单击【快速】按钮，弹出【PMI 快速尺寸】对话框。参考草图环境中标注尺寸的方法，选择要标注的两个参考对象（选择边或者顶点），暂时不要放置尺寸，如图 3-117 所示。

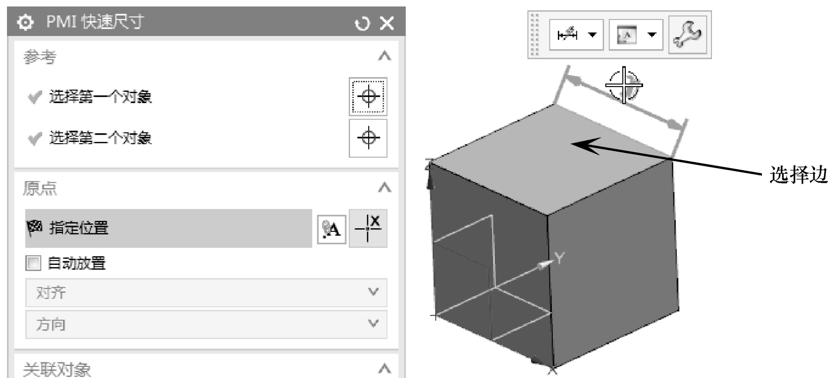



图 3-117　选择参考

| 技巧点拨 | 如果选择两个顶点进行标注，则需要选择第一个对象和第二个对象。如果选择的参考是边，则选择一个对象即可。 |
| --- | --- |

默认的尺寸放置平面为模型视图，这显然不符合标注要求，需要选择尺寸所在平面。展开【原点】选项区下的【方向】组，在视图列表中选择【XC-YC 平面】，可以看见尺寸已经水平放置了，如图 3-118 所示。

同理，其他尺寸也按此进行标注，如图 3-119 所示。



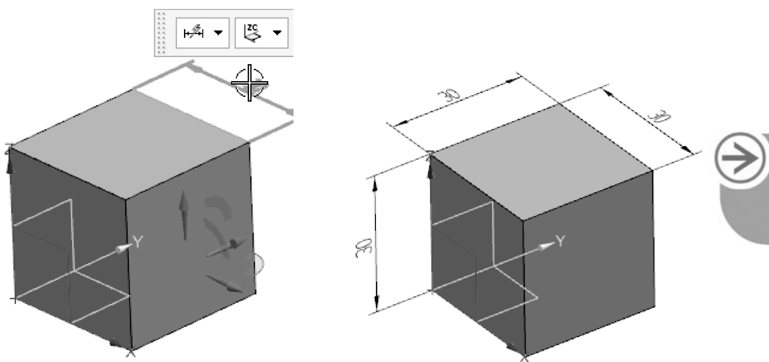



图 3-118 设置尺寸放置平面　　　　图 3-119 标注完成的尺寸

2. 如何进行特征定位？

相对现有曲线、实体几何体、基准平面和基准轴定位特征，通过创建尺寸约束（也称为定位尺寸）可完成此操作。尺寸约束控制特征相对于某些现有曲线、实体几何体、基准平面或基准轴的相对位置，如图 3-120 所示。

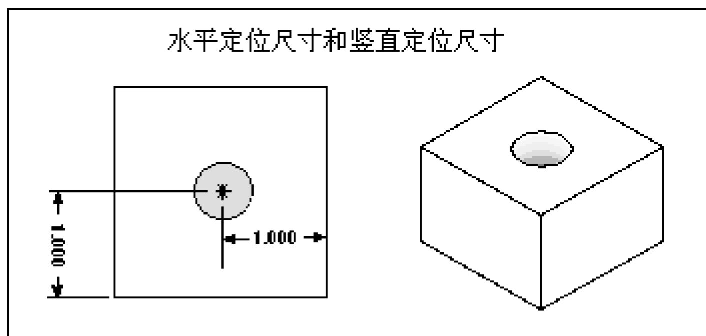



图 3-120 特征定位

| 技巧点拨 | 定位尺寸与用于创建它们的几何体关联。如果移动或删除几何体，则同时移动或删除关联的定位尺寸。 |
| --- | --- |

要定位特征或草图时，必须完成如下操作。

- 选择定位尺寸类型
- 选择要标注尺寸的对象
- 输入用于定位的新值
- 选择【确定】以重新定位特征或草图

选择要标注尺寸的对象时，必须选择目标实体中的一个对象、曲线或基准以及特征或草图中的其他对象。定位凸台或孔时，系统为您自动选择特征上的对象（圆弧中心）。

对象的选择因希望创建的尺寸类型而异。例如，如果要使用边标注水平尺寸，则必须选择其端点。

指定端点时，必须选择与该点相连边的中点和意向点之间的边。在图 3-121 中，如果选择中点和点 A 之间的边（粗线），则选择点 A。如果选择中点和点 B 之间的边（粗线），则

选择点 B。

### 3. 特征定位的几种方法

可约束特征位置的尺寸类型有以下 9 种。

（1）水平

使用【水平】方法可在两点之间创建定位尺寸。水平尺寸与水平参考对齐，或与竖直参考成 90 度，如图 3-122 所示。

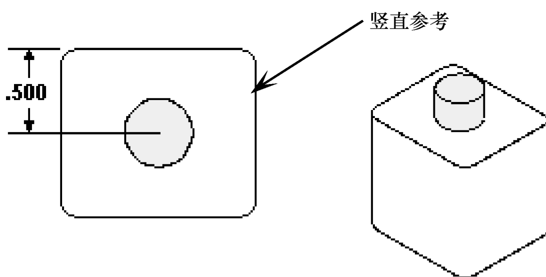



图 3-121 【竖直】定位方法

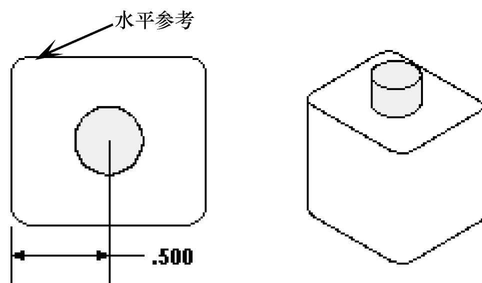



图 3-122 【水平】定位方法

（2）竖直

使用【竖直】方法可在两点之间创建定位尺寸。竖直尺寸与竖直参考对齐，或与水平参考成 90 度。

（3）平行

【平行】方法创建的定位尺寸可约束两点（例如现有点、实体端点、圆弧中心点或圆弧切点）之间的距离，并平行于工作平面测量。

在图 3-123 中，通过尺寸将垫块约束到长方体上。可以将平行尺寸想象为一根连结相距指定距离的两点的【绳子】，需要 3 根【绳子】定位此特征。

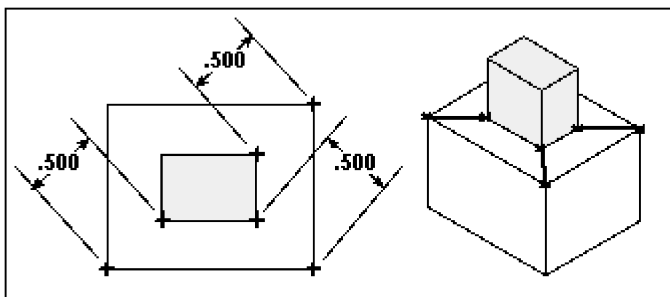



图 3-123 【平行】定位方法

创建圆弧上的切点的平行或任何其他线性类型的尺寸标注时，有两个可能的切点。必须选择所需的相切点附近的圆弧，如图 3-124 所示。

（4）垂直

使用【垂直】方法创建的定位尺寸，可约束目标实体的边缘与特征，或草图上的点之间的垂直距离。还可通过将基准平面或基准轴选作目标边缘，或选择任何现有曲线（不必在目标实体上），定位到基准。

此约束用于标注与 XC 或 YC 轴不平行的线性距离。它仅以指定的距离将特征或草图上的点锁定到目标体上的边缘或曲线，如图 3-125 所示。

| 技巧点拨 | 对于凸台和孔特征，【垂直】定位方法是默认值。此外，对于这些特征，您可直接在【定位】对话框中编辑和重命名定位尺寸。 |
| --- | --- |

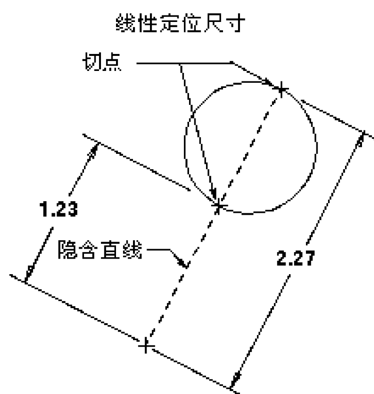



图 3-124　【平行】定位点的选择

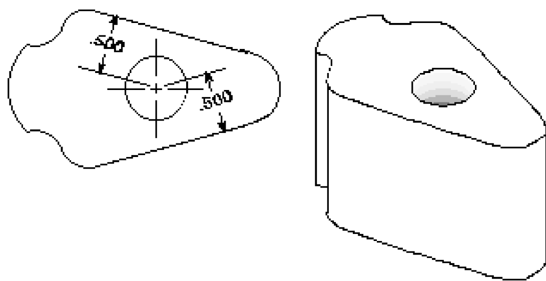



图 3-125　【垂直】定位方法

（5）按一定距离平行

【按一定距离平行】方法创建一个定位尺寸，它对特征或草图的线性边和目标实体（或者任意现有曲线，在或不在目标实体上均可）的线性边进行约束，使其平行并相距固定的距离。此约束仅以指定的距离将特征或草图上的边缘锁定到目标体上的边缘或曲线，如图 3-126 所示。

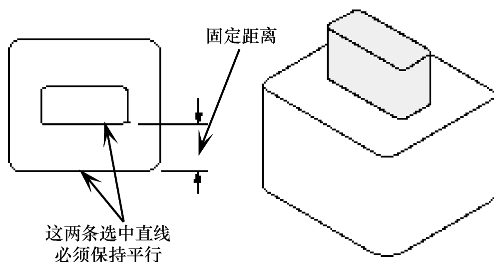



图 3-126　【按一定距离平行】定位方法

（6）角度

【角度】方法以给定角度，在特征的线性边和线性参考边/曲线之间创建定位约束尺寸，如图 3-127 所示。

每条线都有三个控制点，每端一个，中心处还有一个。创建的角取决于您选择了中心控制点的哪一侧。

在图 3-128 中，显示两直线，其中心控制点通过【＊】高亮显示。通过选择 A 指明的位置处的直线创建了 33°25′的角。通过选择标记为 B 的位置处的直线创建了 146°36′ 的角。正如所看到的那样，在中心控制点左侧的位置处选择更小的直线可创建补角。

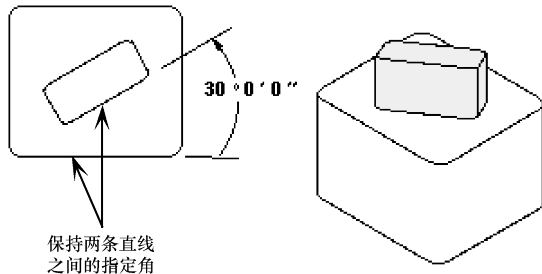



图 3-127　【角度】定位方法

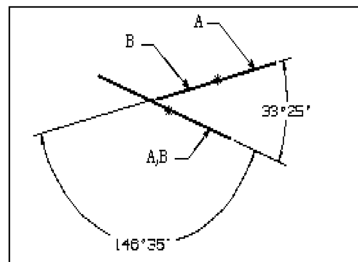



图 3-128　标注尺寸的线的选择

（7）点到点

使用【点到点】方法创建定位尺寸时与【平行】选项相同，但是两点之间的固定距离设置为零。

此定位尺寸导致特征或草图移动，以便其选定点在目标实体上选定的点的顶部，如图 3-129 所示。

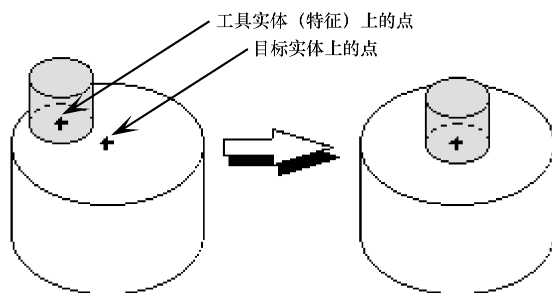



图 3-129 【点到点】定位方法

（8）点到线

使用【点到线】方法创建定位约束尺寸时与【垂直】选项相同，但是边或曲线与点之间的距离设置为零。

| 技巧点拨 | 选定点必须在特征上，直线必须在目标实体上（如边缘、曲线或关联的基准平面）。 |
|---|---|

此定位尺寸导致特征或草图从其选定点开始，沿目标实体上选定的边缘或曲线的法向移动，直至点在此边缘上，如图 3-130 所示。

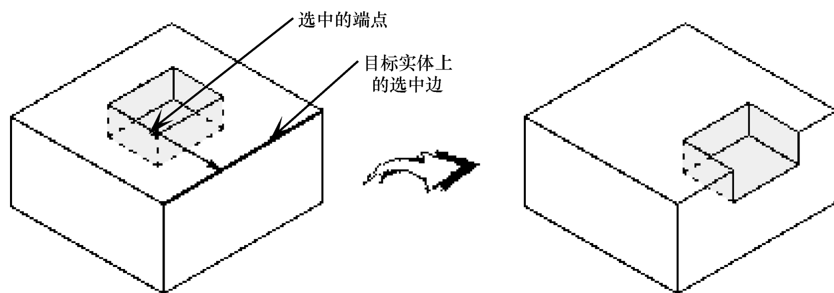



图 3-130 【点到线】定位方法

（9）线到线

使用【线到线】方法和采用【按一定距离平行】方法类似，但是在目标实体上，特征或草图的线性边和线性边或曲线之间的距离设置为零。

| 技巧点拨 | 如果在得到目标边缘提示时选择曲线，则曲线必须是线性的，并且必须在目标实体上。 |
|---|---|

这个定位尺寸导致特征或草图从其选定边缘垂直地移动到在目标实体上选择的边缘或曲线，如图 3-131 所示。此约束仅将特征或草图上的边缘锁定到目标实体上的边缘/曲线。

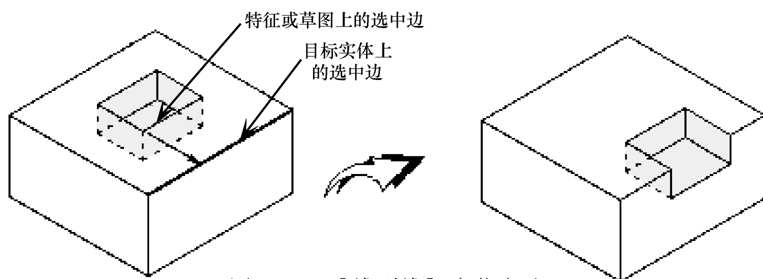



图 3-131 【线到线】定位方法

## 3.5 UG 工程师认证试题（三）

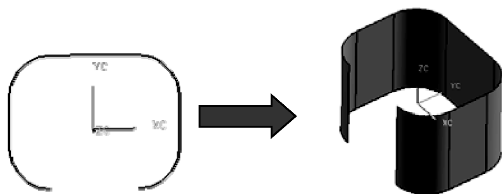
### 一、选择题

（1）在建立模型过程中，将两个实体或多个实体组合成单个实体，称为 ________。（A）

A. 求和　　B. 求差　　C. 缝合　　D. 求交

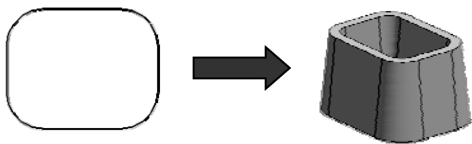
（2）下图是通过哪个命令使曲线变成片体的。（A）

A. 拉伸　　B. 扫描　　C. 回转　　D. 变换



（3）下图的实体是由左侧的曲线通过【拉伸】命令完成的，请指出在拉伸的过程中没有使用的方法。（B）

A. 限制起始值　　B. 拔模角　　C. 偏置　　D. 布尔差运算



（4）【管道】的输出类型不包括________（C）

A. 单段　　B. 多段　　C. 三次

（5）下列关于圆台的说法哪个是正确的。（D）

A. 圆台的高度可以是负值　　B. 必须输入拔模角度值

C. 不能选择基准平面　　D. 只能选择平的放置面

（6）要创建【埋头孔】特征，需要在【孔特征】对话框中单击哪个图标。（C）

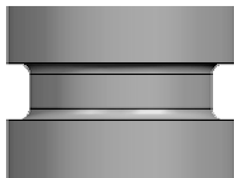
A.　　B.　　C.　　D. 以上都不是

（7）以下哪个图标是【凸垫】。（A）

A.　　B.　　C.　　D.

（8）下图是在圆柱体上进行了哪种操作得到的实体。（D）

A. 球型端键槽　　B. U 形键槽　　C. 球形端沟槽　　D. U 型沟槽



（9）________是螺纹的最大直径。对于内螺纹，它必须大于圆柱面直径。（A）

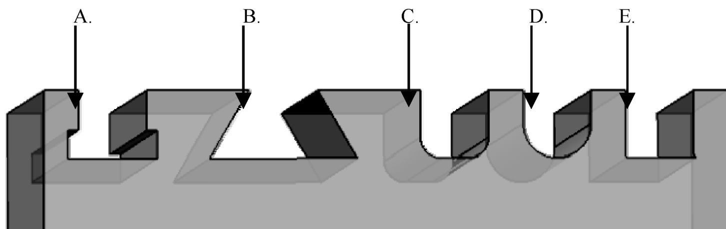
A. 主直径　　B. 副直径　　C. 螺距　　D. 螺纹长度

（10）以下关于【凸起】的说法哪个是正确的。（C）

A. 凸起只能放在平面上　　B. 凸起的值一定是正值

C. 可能选择草图曲线作为剖面线　　D. 剖面线可以不封闭

（11）下图中实体上有 5 个键槽，请指出哪个是 T 形槽。（A）




（12）要创建【简单孔】特征，需要在【孔特征】对话框中单击哪个图标。（A）

A.　　B.　　C.　　D. 以上都不是

## 二、建模练习

（1）参照图 3-132 构建零件模型，零件体积为________$mm^3$？

（测量方法：在菜单栏中执行【分析】|【测量体】命令，选择实体后系统将给出体积值）

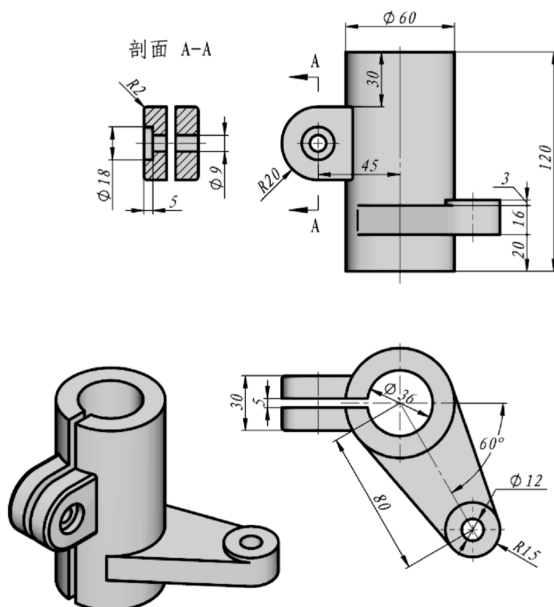



图 3-132　零件模型 1

（2）参照图 3-133 构建零件模型，零件体积为________$mm^3$？
（测量方法：在菜单栏中执行【分析】|【测量体】命令，选择实体后系统将给出体积值）

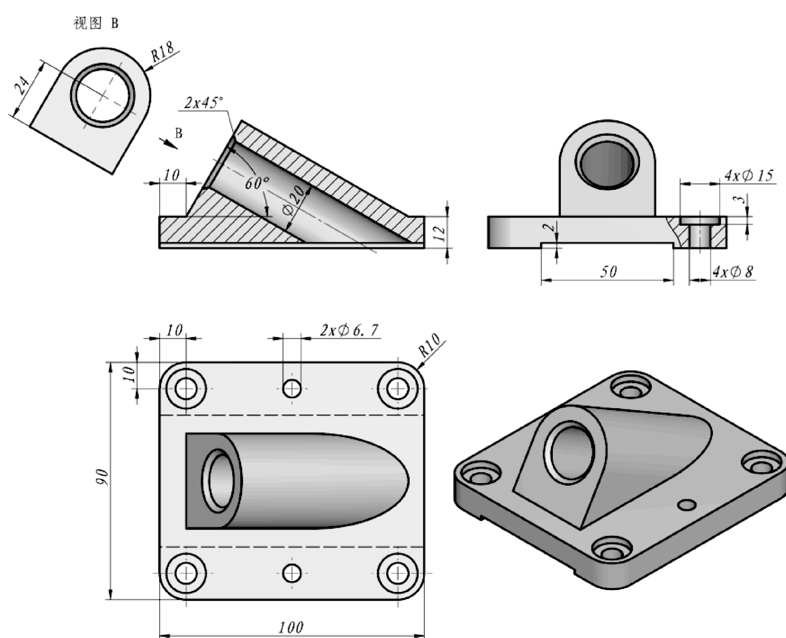



图 3-133　零件模型 2

# 第 4 章

# 特征变换操作

## 本章导读

在多数情况下，建模时如果仅仅利用前面学习的基础建模工具，建模速度会比较慢。为了提高工作效率和建模质量，UG 提供了强大的特征变换指令，在本章我们将深入学习这些知识。



## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案　例　图 | 描　　述 |
|---|---|
| | 减速器是原动机和工作机之间的独立的闭式传动装置，用来减低转速和增大转矩，以满足工作需要，在某些场所也用来增速，称为增速器。减速器的主要部件包括传动零件、箱体和附件，也就是齿轮、轴承的组合及箱体、各种附件 |
| | 下箱体的结构设计与上箱体类似，同样要使用【拉伸】【修剪的片体】【合并】【减去】等工具来共同完成此项工作 |

# 4.1 移动对象操作

移动对象操作可以将选取的对象通过动态移动、点到点移动、距离、角度等方式移动到目标点。在菜单栏中执行【编辑】|【移动对象】命令，弹出【移动对象】对话框。移动对象的运动方式有多种，下面将进行详细讲解。





## 4.1.1 距离

【距离】是将选取的对象由原来的位置移动一定的距离到新的位置。需要指定移动的方向矢量和输入移动的距离，如图 4-1 所示。

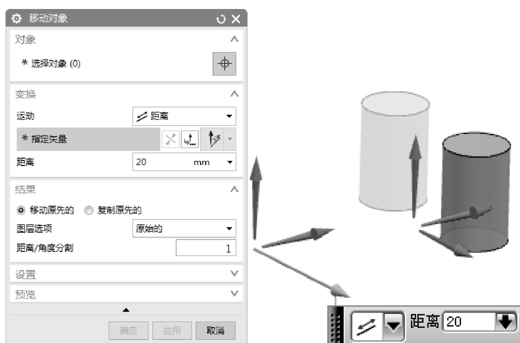



图 4-1 【距离】移动



## 4.1.2 角度

角度是将选取的对象绕旋转轴旋转一定的角度。需要指定旋转矢量和枢轴点，并输入旋转角度，如图 4-2 所示。

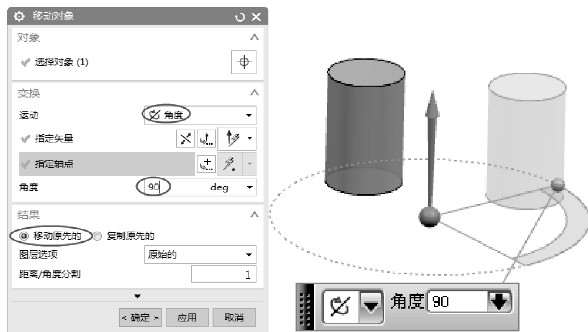



图 4-2 【角度】移动



## 4.1.3 点之间的距离

【点之间的距离】是将选取的对象移动一段距离，此距离是选取的原点和测量点沿指定的矢量方向上的投影距离。会在选取的原点和测量点处创建临时垂直于矢量的平面，两平面之间的距离即是对象移动的距离，如图 4-3 所示。

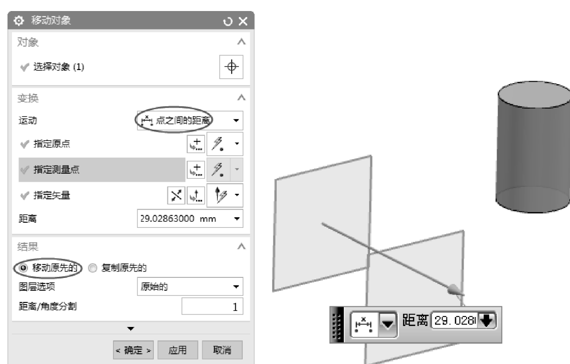



图 4-3 【点之间的距离】移动



## 4.1.4 径向距离

【径向距离】是将选取的对象移动一段距离。需要选取轴点作为旋转中心，选取矢量作为旋转轴，选取测量点作为圆周上的点，测量点到轴点的径向距离即为半径，输入的移动距离是以轴点为基准，轴点指向测量点为移动方向进行移动。原对象移动的实际距离即是输入的距离减去测量点到轴点的径向距离的差值，如图 4-4 所示。

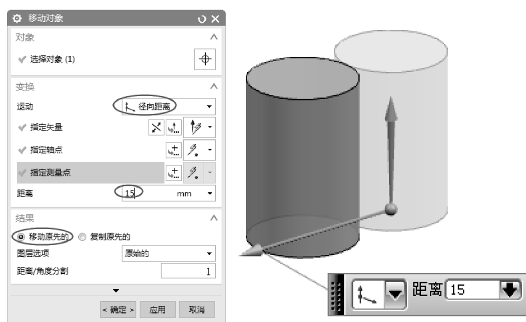



图 4-4 【径向距离】移动



## 4.1.5 点到点

【点到点】是由用户选取参考点和目标点，将选取的对象从参考点移动到目标点，移动的距离即是参考点到目标点的距离，方向即是参考点指向目标点的方向，如图 4-5 所示。

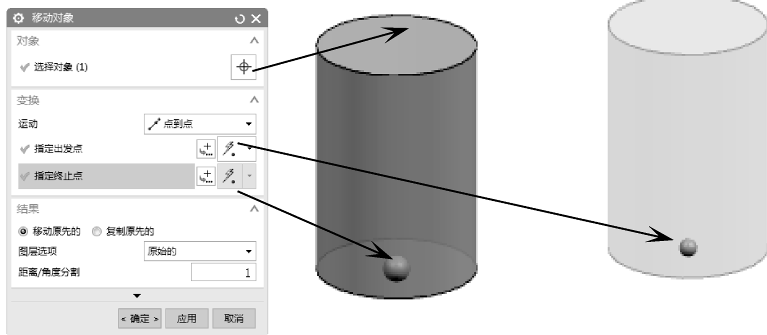



图 4-5 【点到点】移动



## 4.1.6 根据三点旋转

【根据三点旋转】通过指定矢量和三个位于同一平面内且垂直于矢量轴的参考点（分别为旋转中心点－枢轴点、参考点－起点、目标点－终点），将对象以枢轴点为旋转中心，从参考点旋转到目标点，如图 4-6 所示。

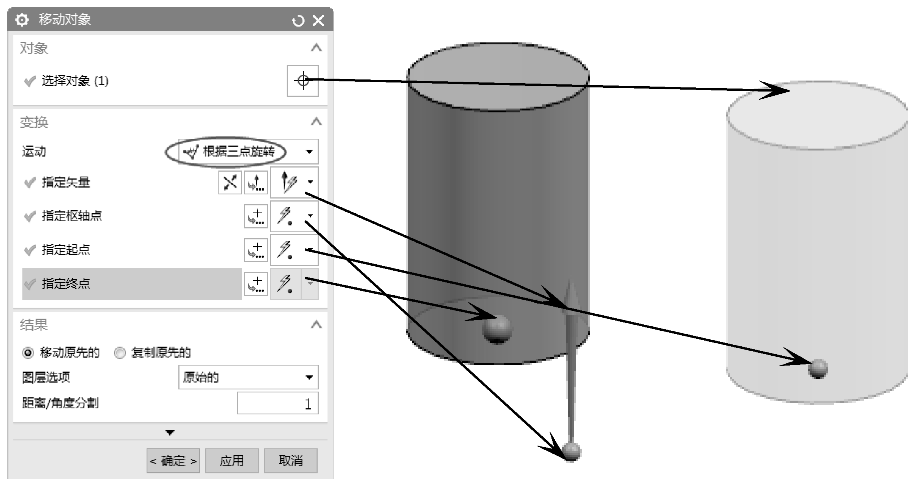



图 4-6 【根据三点旋转】移动



## 4.1.7 将轴与矢量对齐

【将轴与矢量对齐】是将选取的对象绕枢轴点旋转一定的角度。旋转中心为选取的枢轴点，选取的起始矢量和终止矢量之间的角度即是旋转角度，如图 4-7 所示。

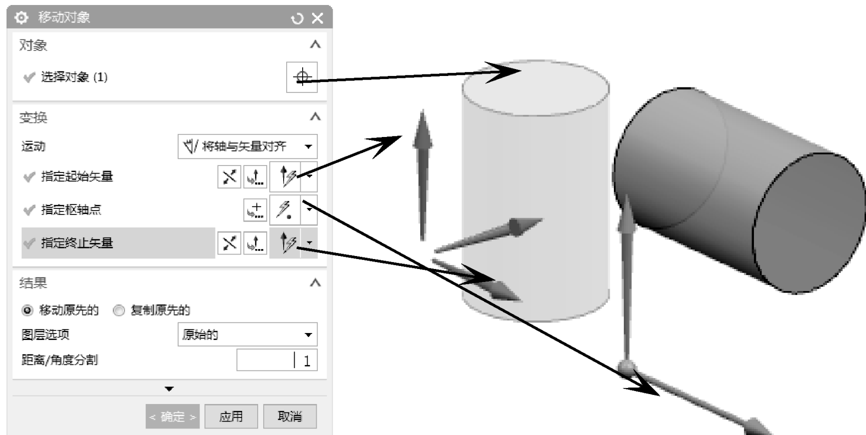



图 4-7 【将轴与矢量对齐】移动



## 4.1.8 CSYS 到 CSYS

【CSYS 到 CSYS】是将选取的对象从一个坐标系移动到另外一个坐标系，移动的距离即是坐标系之间的距离，移动的方向即是起始坐标系指向终止坐标系，如图 4-8 所示。

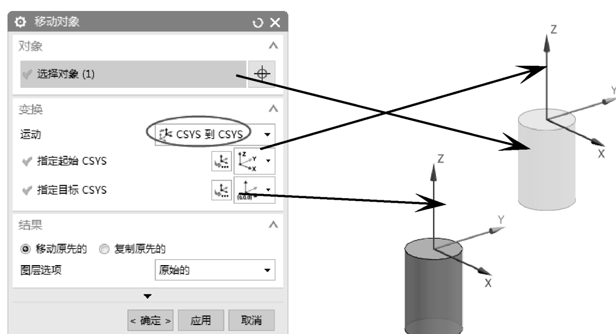



图 4-8 【CSYS 到 CSYS】移动



## 4.1.9 动态

【动态】是用鼠标左键按住选取的对象直接拖动动态坐标系的原点和手柄进行动态移动，如图 4-9 所示。

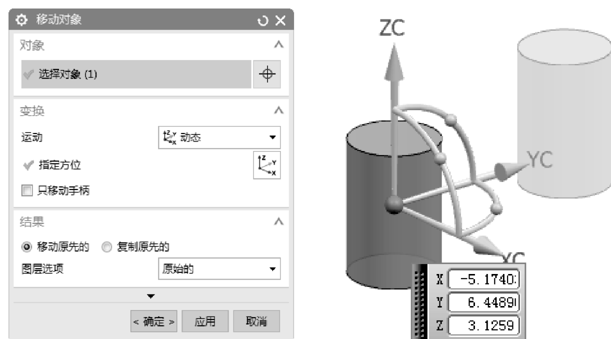



图 4-9 【动态】移动



## 4.1.10 增量 XYZ

【增量 XYZ】直接在移动对象对话框中输入 XYZ 距离值，将选取的对象相对于原始坐标移动一段距离，此距离即是用户所输入的相对距离，如图 4-10 所示。




图 4-10 【增量 XYZ】移动

## 上机操作——增量移动操作

采用增量移动对象操作，绘制如图 4-11 所示的图形。

**01** 创建圆柱体。在菜单栏中执行【插入】|【设计特征】|【圆柱体】命令，弹出【圆柱】对话框，指定原点为轴点，Z 轴为矢量方向。输入圆柱直径为 16，高度为 40，单击【确定】按钮，完成圆柱体创建，结果如图 4-12 所示。

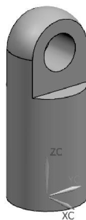



图 4-11　增量移动

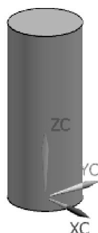



图 4-12　创建圆柱体

**02** 创建倒圆角。单击【倒圆角】按钮，弹出【倒圆角】对话框，选取要倒圆角的边，输入倒圆角半径值为 8，单击【确定】按钮，结果如图 4-13 所示。

**03** 创建长方体。在菜单栏中执行【插入】|【设计特征】|【长方体】命令，弹出【块】对话框，指定原点为（0,0,0），输入长度为 5，宽度为 20，高度为 20，单击【确定】按钮，完成创建，结果如图 4-14 所示。

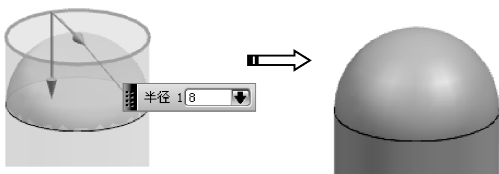



图 4-13　创建倒圆角

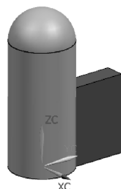



图 4-14　创建立方体

**04** 增量移动。在菜单栏中执行【编辑】|【移动对象】命令，选取要移动的对象，单击【确定】按钮后弹出【移动对象】对话框，设置运动变换类型为【增量 XYZ】，设置移动距离增量为（4，－10,24）单击【确定】按钮完成移动，结果如图 4-15 所示。



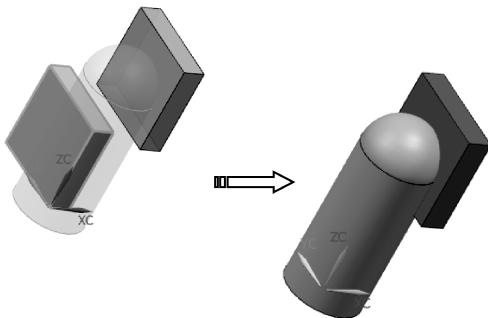




图 4-15　创建增量移动





**05** 创建直线镜像变换。在菜单栏中执行【编辑】|【变换】命令，选取要变换的对象后单击【确定】按钮，弹出【变换】对话框，选取变换类型为【通过一直线镜像】选项，选取原点和 Y 轴矢量为镜像直线，变换类型为【复制】，结果如图 4-16 所示。

**06** 创建布尔减去。在【特征】选项卡中单击【减去】按钮，弹出【减去】对话框，选取目标体和工具体，单击【确定】按钮完成减去，结果如图 4-17 所示。



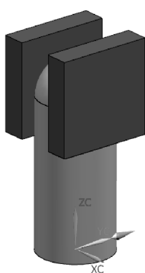




图 4-16　创建直线镜像

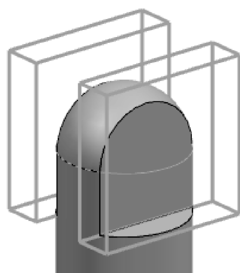


图 4-17　创建减去

**07** 创建圆柱体。在菜单栏中执行【插入】|【设计特征】|【圆柱体】命令，弹出【圆柱】对话框，指定原点为轴点，X 轴为矢量方向。输入圆柱直径为 8，高度为 20，单击【确定】按钮完成圆柱体创建，结果如图 4-18 所示。



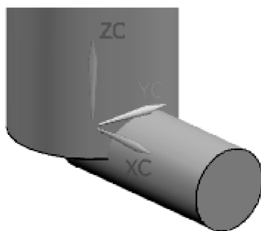
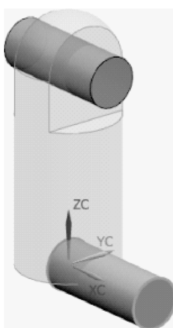
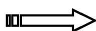




图 4-18　创建圆柱体

**08** 增量移动。在菜单栏中执行【编辑】|【移动对象】命令，选取要移动的对象，单击【确定】按钮后弹出【移动对象】对话框，设置运动变换类型为【增量 XYZ】，移动距离增量为（−10,0,32），单击【确定】按钮完成移动，结果如图 4-19 所示。



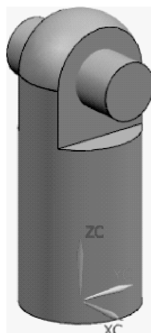



图 4-19　创建增量移动

**09** 布尔减去。单击【减去】按钮，弹出【减去】对话框，选取目标体和工具体，单击【确定】按钮完成减去，结果如图 4-20 所示。




图 4-20　创建布尔减去

## 4.2 关联复制操作

关联复制主要是对实体特征进行参数化关联副本的创建，创建后的副本和原始特征完全关联，原始体特征的改变会及时反映在关联复制特征中。关联复制操作方式有多种，包括阵列特征、阵列面、镜像特征、生成实例几何特征等。



### 4.2.1 阵列特征

【阵列特征】是指将指定的一个或一组特征，按一定的规律进行复制，建立一个特征阵列。阵列中各成员保持相关性，当其中某一成员被修改，阵列中的其他成员也会相应自动变化，【阵列特征】命令适用于创建同样参数且呈一定规律排列的特征命令。

在【特征】组中单击【阵列特征】按钮，弹出如图 4-21 所示的【阵列特征】对话框。

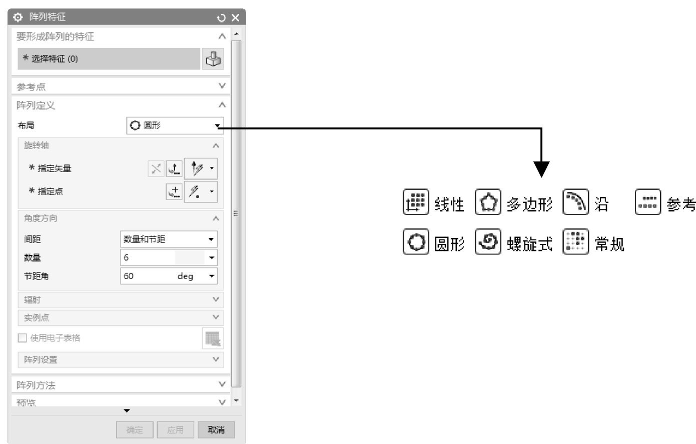



图 4-21　【阵列特征】对话框

阵列特征的阵列方式有 7 种，其中包括：线形阵列、圆形阵列、多边形、螺旋式、沿、常规、参考等，分别简要介绍如下。

**1. 线形**

对于线性布局，可以指定在一个或两个方向对称阵列，还可以指定多个列或行交错排列，如图 4-22 所示。

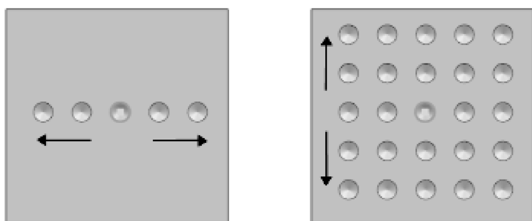


图 4-22 【线性】阵列

图 4-23 为【线性】阵列的示意图。

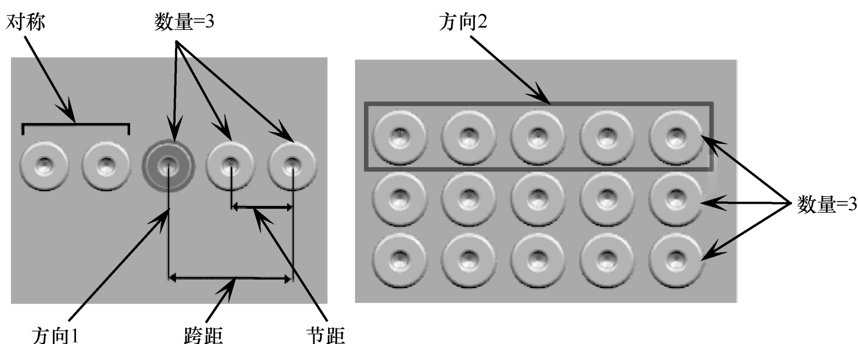



图 4-23 【线性】阵列的示意图

### 2. 圆形

选定的主特征绕一个参考轴，以参考点为旋转中心，按指定的数量和旋转角度复制若干成员特征。【圆形】阵列可以控制阵列的方向。【圆形】阵列的参数选项及图解，如图 4-24 所示。

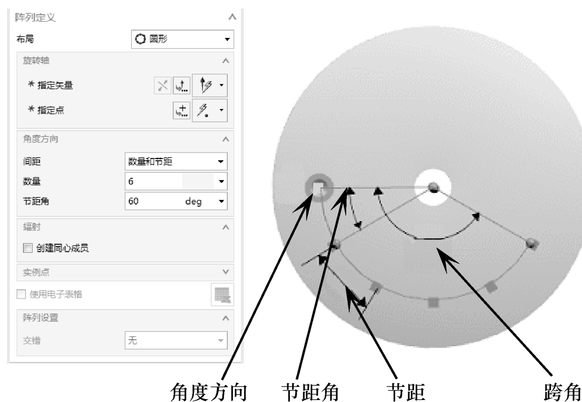



图 4-24 【圆形】阵列

### 3. 多边形

【多边形】阵列与【圆形】阵列类似，需要指定旋转轴和轴心。【多边形】阵列的参数选项及图解如图 4-25 所示。

【多边形】阵列与【圆形】阵列可以创建同心成员，在【辐射】选项组中勾选【创建同心成员】复选框，将创建如图 4-26、图 4-27 所示的圆形和多边形同心阵列。

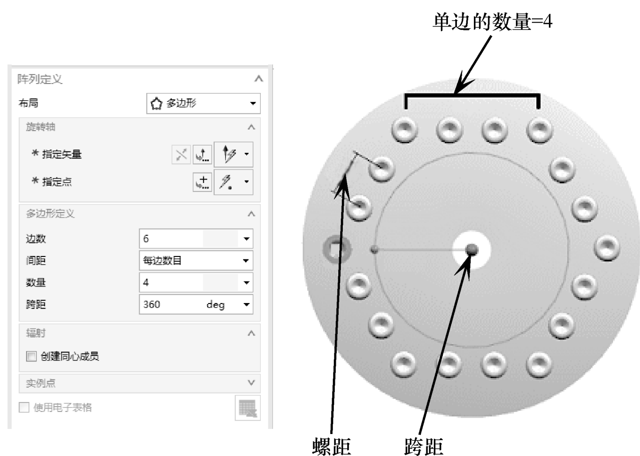



图 4-25　【多边形】阵列

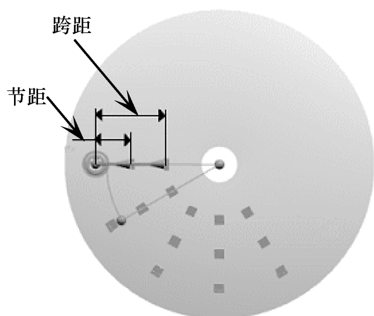



图 4-26　【圆形】阵列

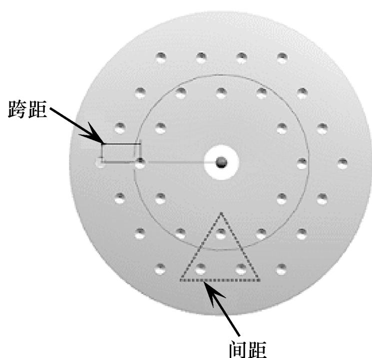



图 4-27　【多边形】阵列

### 4. 螺旋式

【螺旋式】阵列使用螺旋路径定义布局。图 4-28 为【螺旋式】阵列的参数选项及图解。

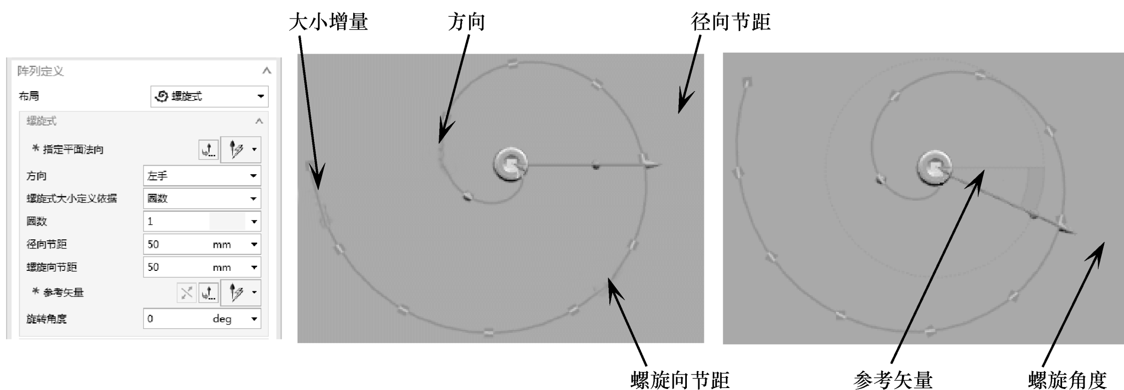



图 4-28　【螺旋式】阵列的示意图

### 5. 沿

【沿】阵列定义一个跟随连续曲线链和（可选）第二条曲线链或矢量的布局。【沿】阵列的参数选项及图解过程如图 4-29 所示。



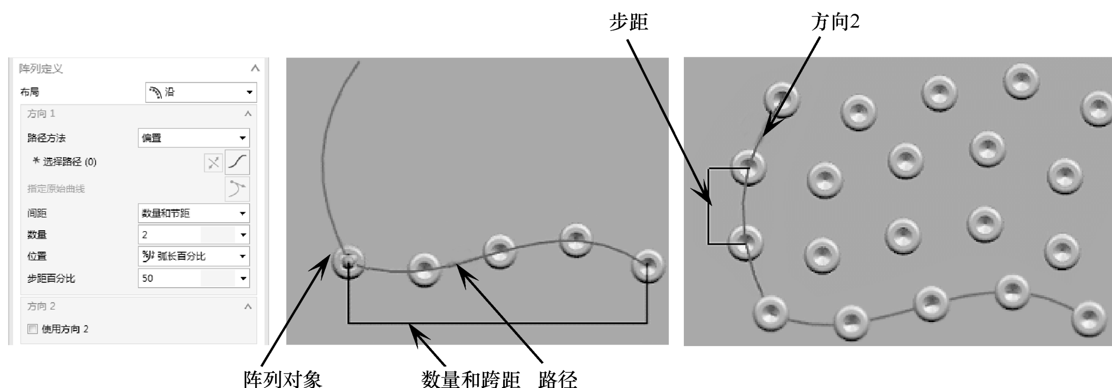
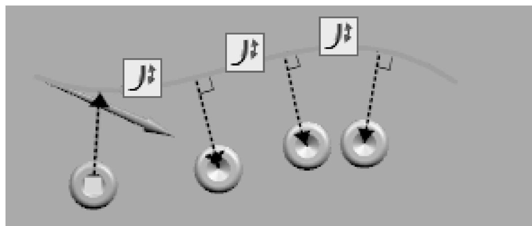


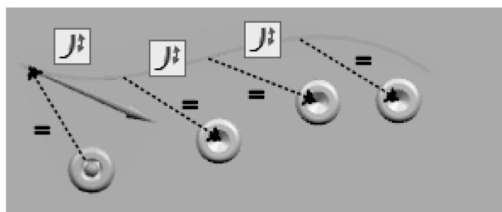
图 4-29 【沿】阵列的示意图

【沿】阵列的路径方法有 3 种：【偏置】【刚性】和【平移】。

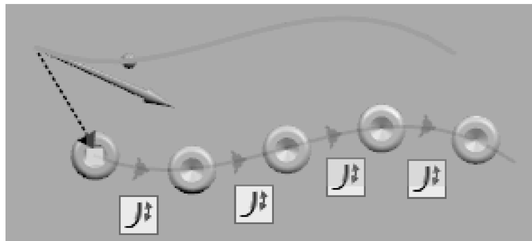
● 偏置：（默认）使用与路径最近的距离垂直于路径来投影输入特征的位置，然后沿该路径进行投影，如图 4-30 所示。


图 4-30 【偏置】路径方法

● 刚性：将输入特征的位置投影到路径的开始位置，然后沿路径进行投影。距离和角度维持在创建实例时的刚性状态，如图 4-31 所示。


图 4-31 【刚性】路径方法

● 平移：在线性方向将路径移动到输入特征参考点，然后沿平移的路径计算间距，如图 4-32 所示。


图 4-32 【平移】路径方法

6. 常规

【常规】阵列使用由一个或多个目标点或坐标系定义的位置来定义布局。图4-33 为【常规】阵列的参数选项及图解过程。

| 技巧点拨 | 默认情况下，打开的对话框中显示的是常用的、也是默认的基本选项。如果要应用更多的选项设置，则在对话框顶部单击【展开】按钮。 |
| --- | --- |

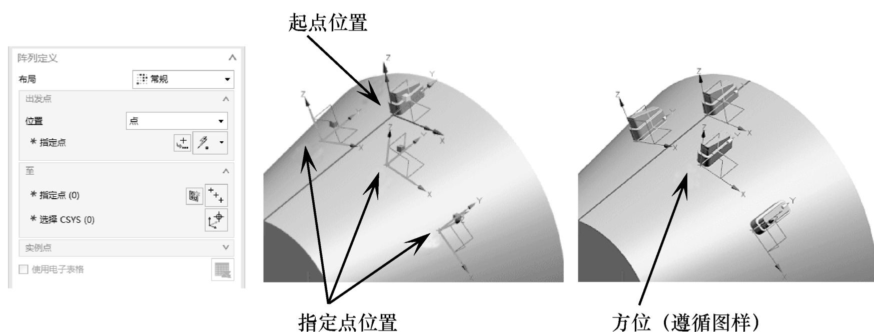



图 4-33 【常规】阵列的示意图

7. 参考

【参考】阵列使用现有的阵列来定义新的阵列。图 4-34 为【参考】阵列的参数选项及图解过程。

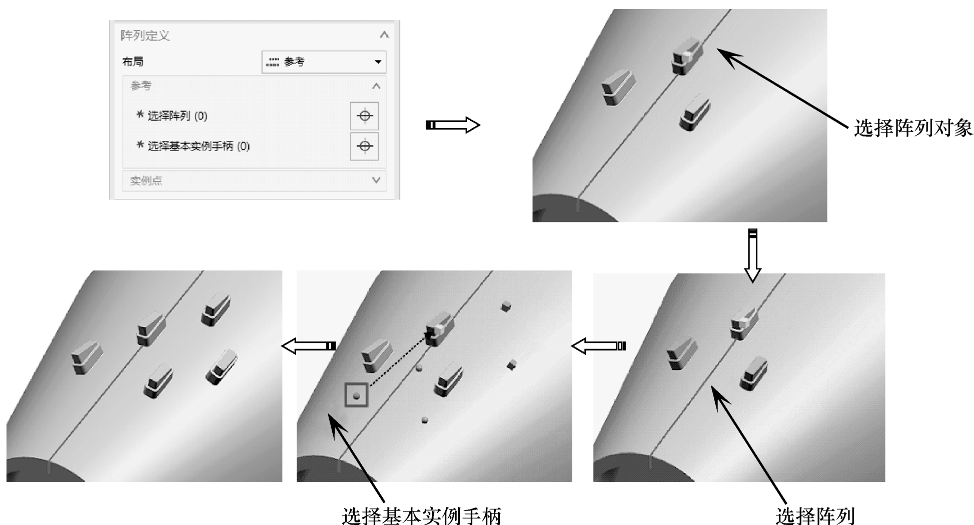



图 4-34 【参考】阵列的示意图

## 上机操作——创建变化的阵列

**01** 打开文件【源文件 \ Ch04 \ ex4－1. prt】。

**02** 在【特征】组中单击【阵列特征】按钮，弹出【阵列特征】对话框，然后选择小圆柱特征作为阵列对象。

**03** 在对话框【阵列定义】选项区中选择【圆形】布局选项，激活【指定矢量】命



令，接着选择 Z 轴矢量，如图 4-35 所示。



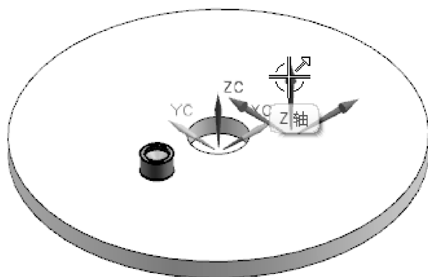




图 4-35　选择圆形阵列类型和旋转矢量

**04** 选择如图 4-36 所示的圆柱边，自动搜索其圆心作为旋转中心点。

**05** 在【角度方向】选项组中输入【数量】为 6 和【节距角】为 30，如图 4-37 所示。

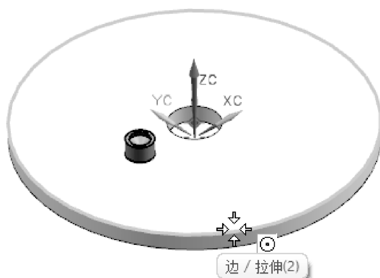



图 4-36　选择旋转中心




图 4-37　输入【数量】和【节距角】

**06** 勾选【创建同心成员】复选框，选择【数量和跨距】选项，并设置【数量】为 3，【节距】为 20，同时查看阵列预览，如图 4-38 所示。

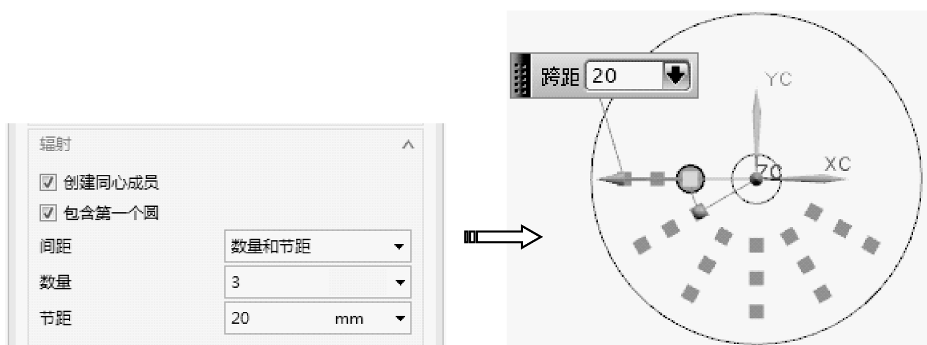



图 4-38　设置同心阵列参数

**07** 单击【确定】按钮完成特征的阵列，结果如图 4-39 所示。

**08** 在部件导航器中右键选中【阵列（圆形）】项目，并执行右键菜单中【可回滚编辑】命令，重新打开【特征阵列】对话框，如图 4-40 所示。

**09** 在对话框底部单击【展开】按钮，展开全部选项。在【阵列定义】选项区的【实例点】选项组中激活【选择实例点】命令，然后选择阵列中要编辑的对象，如图 4-41 所示。

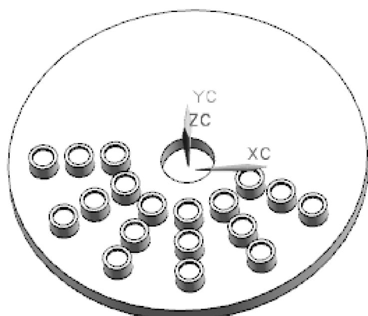



图 4-39　完成创建

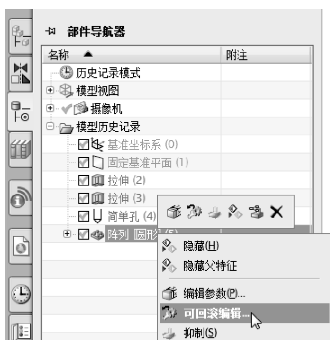



图 4-40　回滚编辑阵列特征



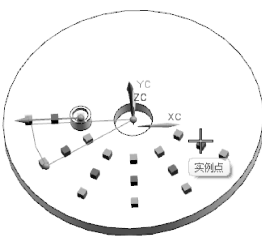




图 4-41　选择实例点

**10**　执行右键菜单中【指定变化】命令，弹出【变化】对话框，在对话框中将【拉伸】特征的高度值由 5 改为 10，【孔】特征的直径由 6 改为 2，如图 4-42 所示。

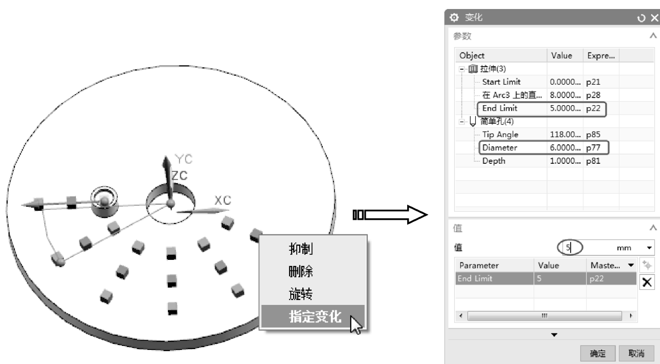



图 4-42　编辑实例点的参数

**11**　单击【确定】按钮完成实例点的编辑。继续选择第 1 行的实例点作为编辑对象，然后执行右键菜单中的【旋转】命令，如图 4-43 所示。

**12**　随后弹出【旋转】对话框。输入旋转角度为 150，单击【确定】按钮完成编辑，如图 4-44 所示。

**13**　最后单击【特征阵列】对话框中的【确定】按钮，完成阵列特征的编辑，结果如图 4-45 所示。

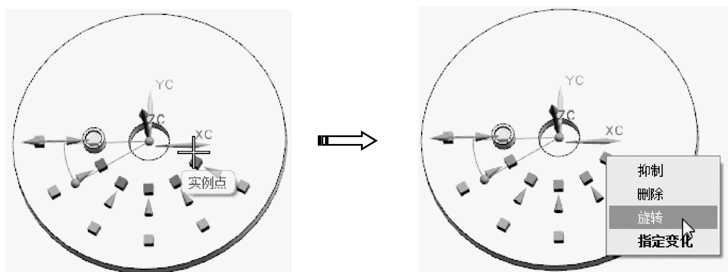



图 4-43　选择实例点并执行【旋转】命令




图 4-44　输入旋转角度

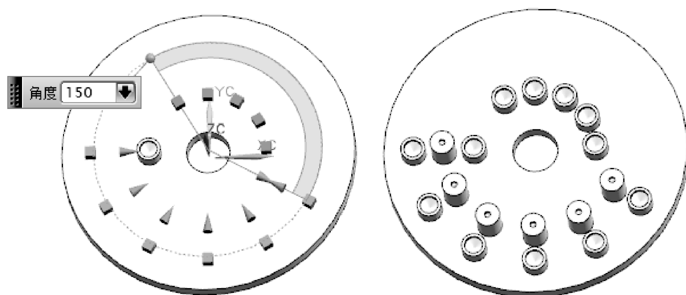



图 4-45　创建完成的阵列特征



## 4.2.2　镜像特征与镜像几何体

【镜像特征】是指将复制的特征（包括实体、曲面、曲线等）根据指定平面进行镜像。【镜像几何体】是指将复制的实体根据指定平面进行镜像。【镜像几何体】工具不能用来镜像曲面、曲线等特征。

在【特征】选项卡【更多】命令库中单击【镜像特征】按钮，弹出【镜像特征】对话框，如图 4-46 所示。

在【特征】选项卡【更多】命令库中单击【镜像几何体】按钮，弹出【镜像几何体】对话框，如图 4-47 所示。




图 4-46　【镜像特征】对话框




图 4-47　【镜像几何体】对话框

创建的镜像几何体其自身不建立参数，与参照体相关联。镜像几何体与参照体之间的关联性表现如下。

- 如果参照体中的单个特征参数发生改变，并引起参照体改变，则改变的参数将反映至镜像几何体中。
- 如果编辑相关的基准面参数，镜像几何体相应改变。
- 如果删除参照体或基准面，镜像几何体也随之被删除。
- 如果移动参照体，镜像几何体也移动。
- 可添加特征到镜像几何体。

【镜像特征】与【镜像几何体】的区别是：【镜像特征】可以镜像实体模型中单个特征，而【镜像几何体】工具只能镜像实体，不可用来镜像曲面、曲线等。图 4-48 为使用【镜像特征】工具创建的镜像特征。图 4-49 为使用【镜像几何体】工具创建的镜像特征。

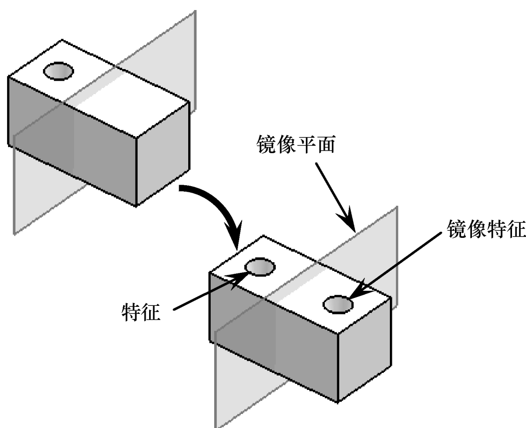



图 4-48 创建镜像特征

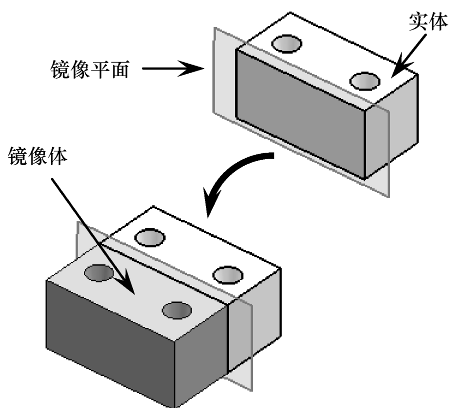



图 4-49 创建镜像几何体



### 4.2.3 抽取几何体

【抽取几何体】命令可以用来从当前对象几何体中抽取需要的点、曲线、面以及体特征，用来创建和选取对象中被抽取特征一样的副本特征。抽取后的副本特征可以设置为关联，也可以取消关联。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【抽取几何体】命令，或者在【特征】组中单击【抽取几何体】按钮，弹出【抽取几何特征】对话框，如图 4-50 所示。



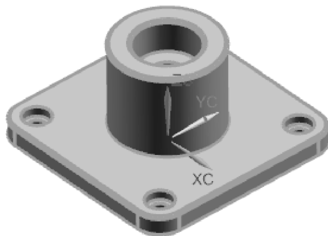




图 4-50 抽取几何体

# 4.3 修剪操作

修剪是对实体特征或实体进行切割或分割操作，以及对实体面的分割操作，以获得需要的部分实体或实体面。



## 4.3.1 修剪体

【修剪体】通过选取面、基准平面或其他的几何体来切割修剪一个或多个目标体。

在菜单栏中执行【插入】|【修剪】|【修剪体】命令，或者在【特征】组中单击【修剪体】按钮，弹出【修剪体】对话框，选取目标体和工具体之后，单击【确定】按钮完成修剪体操作，如图 4-51 所示。



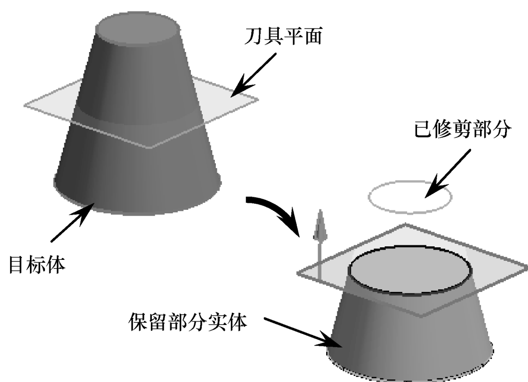




图 4-51 修剪体操作过程

| 技巧点拨 | 使用【修剪体】工具在实体表面或片体表面修剪实体时，修剪面必须完全通过实体，否则将不能对实体进行修剪。 |
| --- | --- |

修剪体要符合以下要求。

- 必须至少选择一个目标体。
- 可以从同一个体中选择单个面或多个面，或选择基准平面来修剪目标体。
- 可以定义新平面来修剪目标体。



## 4.3.2 拆分体

【拆分体】将目标实体通过实体表面、基准平面、片体或者定义的平面进行分割，删除实体原有的全部参数，得到的多个实体为非参数实体。实体拆分后实体中的参数全部被移除。

在【特征】选项卡中单击【拆分体】按钮，弹出【拆分体】对话框，如图 4-52 所示。利用【拆分体】工具拆分特征的示例如图 4-53 所示。

| 技巧点拨 | 【修剪体】工具与【拆分体】工具所不同的是，拆分体将一个实体分割成两个实体，且两个实体都保留。而修剪体是将一个实体分割成两实体，最终只保留其中的一个实体。 |
| --- | --- |




图 4-52 【拆分体】对话框

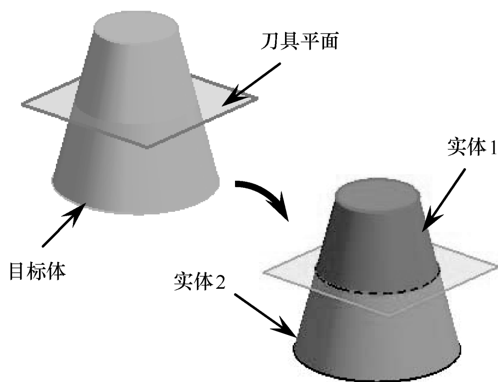



图 4-53 拆分特征示例

## 上机操作——制作排球

采用【拆分体】命令建立如图 4-54 所示的排球模型，具体操作步骤如下。

**01** 绘制球。在菜单栏中执行【插入】|【设计特征】|【球体】命令，弹出【球】对话框，指定原点为球心，输入球直径为 50，单击【确定】按钮完成创建，结果如图 4-55 所示。



图 4-54 排球

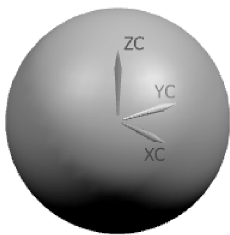



图 4-55 创建球体

**02** 修剪体。单击【修剪体】按钮，弹出【修剪体】对话框，选取实体为目标体，选取 XY 平面为修剪工具，单击【确定】按钮完成修剪，结果如图 4-56 所示。

**03** 修剪体。单击【修剪体】按钮，弹出【修剪体】对话框，选取实体为目标体，选取 ZY 平面为修剪工具，单击【确定】完成按钮修剪，结果如图 4-57 所示。




图 4-56 修剪体

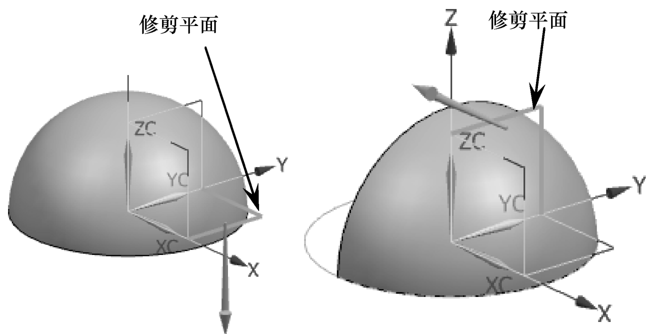



图 4-57 创建修剪体

**04** 旋转移动。在菜单栏中执行【编辑】|【移动对象】命令，选取要移动的对象，单击【确定】按钮后弹出【移动对象】对话框，设置运动变换类型为【角度】，指定旋转矢量和轴点，输入旋转角度和副本数，单击【确定】按钮完成移动，结果如图4-58所示。

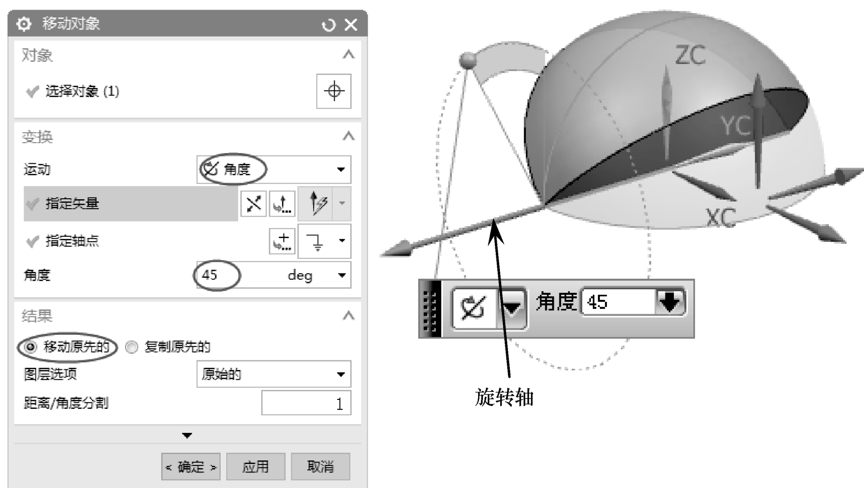



图4-58　旋转移动

**05** 旋转复制。在菜单栏中执行【编辑】|【移动对象】命令，选取要移动的对象，单击【确定】按钮后弹出【移动对象】对话框，设置运动变换类型为【角度】，指定旋转矢量和轴点，设置【结果】为【复制原先的】，输入旋转角度为90°，副本数为1，单击【确定】按钮完成移动，结果如图4-59所示。

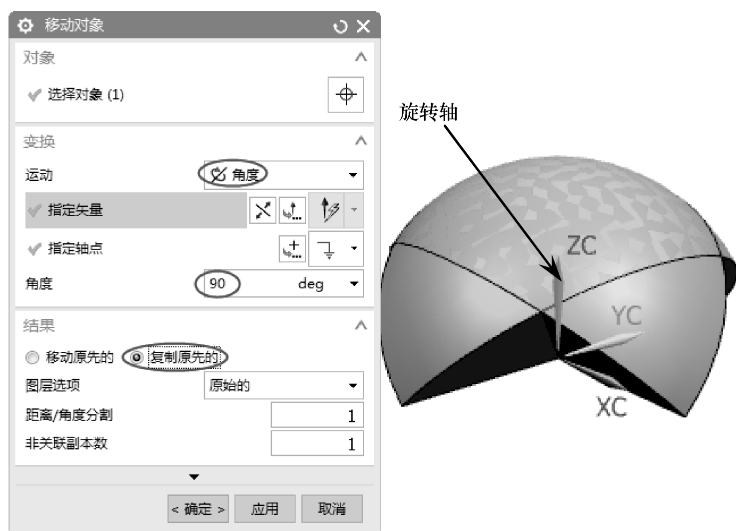



图4-59　旋转复制

**06** 布尔交集。在【特征】组中单击【相交】按钮，弹出【求交】对话框，选取目标体和工具体，单击【确定】按钮完成相交，结果如图4-60所示。

**07** 创建直线。在【曲线】选项卡中单击【直线】按钮，弹出【直线】对话框，设

置支持平面和直线参数，结果如图 4-61 所示。

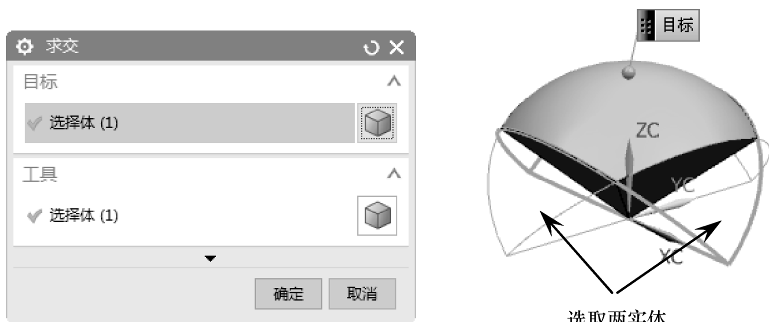



图 4-60　创建布尔交集

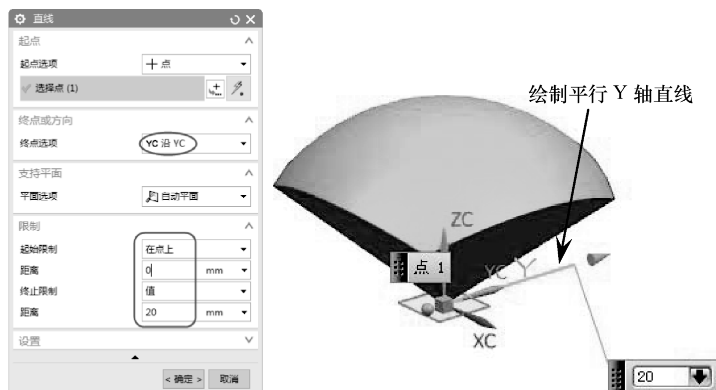



图 4-61　创建直线

**08** 创建基准平面。在菜单栏中执行【插入】|【基准/点】|【基准平面】命令，弹出【基准平面】对话框，选取刚绘制的直线和实体面，创建和实体面呈 30°角的基准平面，如图 4-62 所示。

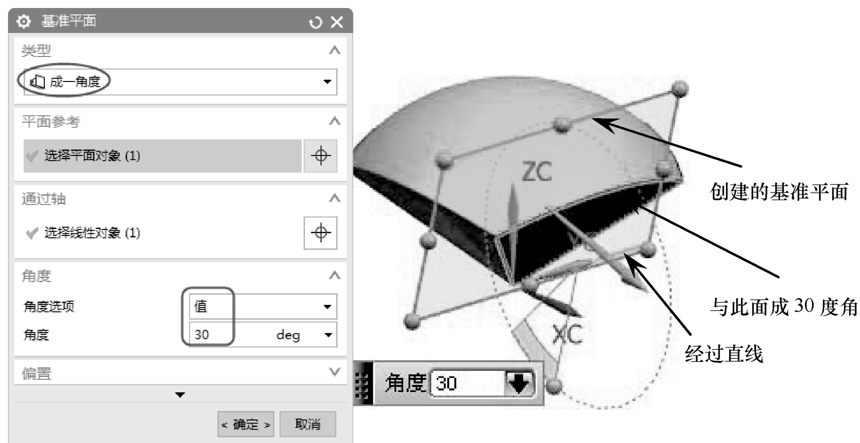



图 4-62　创建基准平面

**09** 镜像基准平面。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【镜像特征】命令，弹出【镜像特征】对话框，选取要镜像的基准平面特征，再选取镜像平面为 YZ 平面，

单击【确定】按钮，结果如图4-63所示。

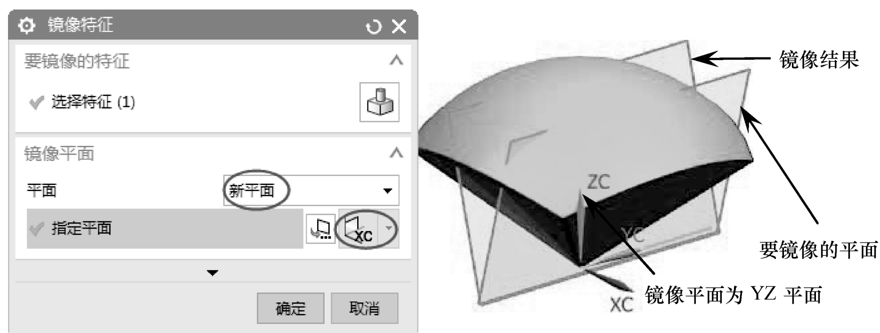



图4-63 镜像基准平面

**10** 拆分体。单击【拆分体】按钮，弹出【拆分体】对话框，选取实体为目标体，再选取刚创建的平面为分割工具，单击【确定】按钮完成分割，结果如图4-64所示。

**11** 拆分体。单击【拆分体】按钮，弹出【拆分体】对话框，选取实体为目标体，再选取另外一个刚创建的基准平面为分割工具，单击【确定】按钮完成分割，结果如图4-65所示。




图4-64 拆分体

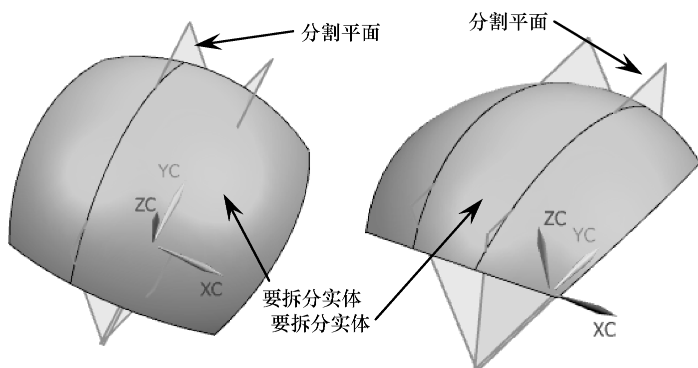



图4-65 创建拆分体

**12** 抽壳。将其他的实体全部隐藏，只保留要抽壳的实体，单击【抽壳】按钮，弹出【抽壳】对话框，选取要移除的四周面，再输入抽壳厚度为4，结果如图4-66所示。

**13** 抽壳。采用同样的操作方法，对其他的拆分体进行抽壳，设置抽壳厚度为4，结果如图4-67所示。

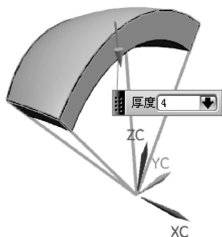



图4-66 创建抽壳

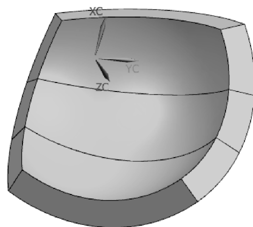


图4-67 创建抽壳

**14** 倒圆角。单击【边倒圆】按钮，弹出【边倒圆】对话框，选取要倒圆角的边，输入倒圆角半径值为 1，单击【确定】按钮，结果如图 4-68 所示。

**15** 倒圆角。单击【边倒圆】按钮，弹出【边倒圆】对话框，选取要倒圆角的边，输入倒圆角半径值为 1，单击【确定】按钮，结果如图 4-69 所示。

**16** 着色。按下【CTRL + J】组合键，选取要着色的实体后单击【确定】按钮，弹出【编辑对象显示】对话框，依次将颜色修改为蓝色、洋红色和紫色，单击【确定】按钮，完成着色，结果如图 4-70 所示。

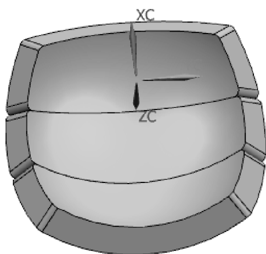



图 4-68　创建倒圆角

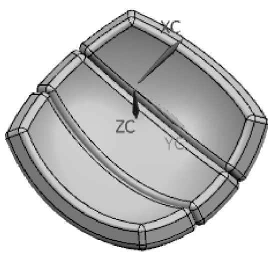



图 4-69　创建倒圆角




图 4-70　模型着色

**17** 阵列实例几何体。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【阵列几何特征】命令，弹出【阵列几何特征】对话框，设置【布局】为【圆形】，选取刚才着色的三个实体，指定矢量和轴点，设置旋转参数，单击【确定】按钮，结果如图 4-71 所示。




要阵列实体

图 4-71　创建阵列

**18** 阵列实例几何体。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【阵列几何特征】命令，弹出【阵列几何特征】对话框，设置类型为【旋转】，选取上、下面共 6 个实体，指定矢量和轴点，设置旋转参数，单击【确定】按钮，结果如图 4-72 所示。

**19** 同理，利用【阵列几何特征】工具，选取上下面共 6 个实体，指定矢量和轴点，设置圆形阵列参数，阵列结果如图 4-73 所示。



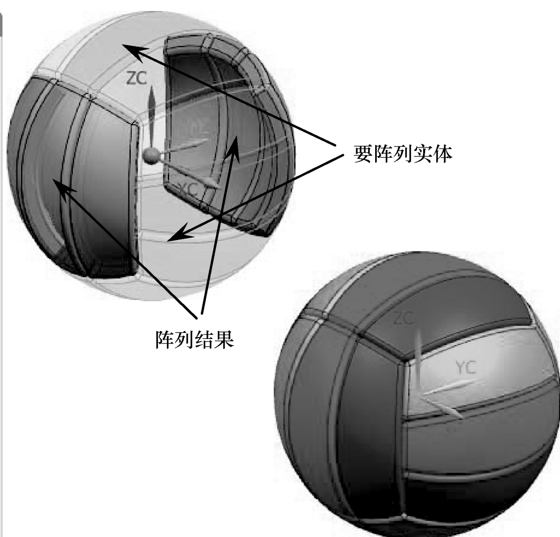




图 4-72　创建阵列

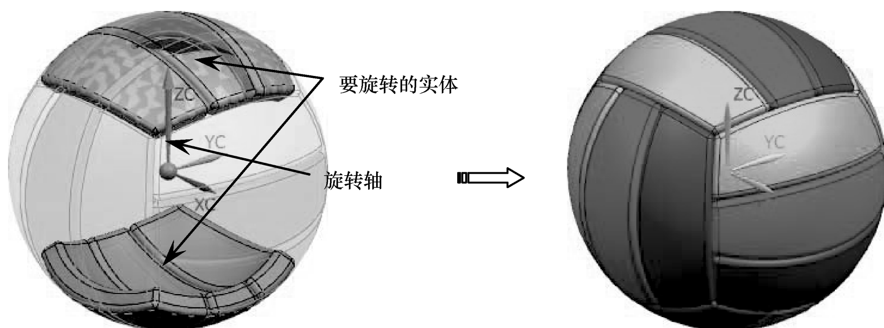



图 4-73　创建阵列完成排球创建

## 4.4 建模技法详解与训练

用户在 UG 特征建模过程中，时常会遇到一些问题，例如看见一个产品，不知道从何处开始建模；模型中特征与特征之间的父子关系混淆不清；不清楚一个特征应该使用什么样的工具命令来完成等。

下面我们用两个实例，演示高级特征、特征操作工具在建模过程中的应用技巧，以及模型的建模方法。



### 4.4.1　建模训练——减速箱上箱体建模

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch04 \ 减速箱上箱体 . prt


演示视频路径：视频 \ Ch04 \ 减速箱上箱体建模 . avi

减速器是原动机和工作机之间的独立的闭式传动装置，用来减低转速和增大转矩，以满足工作需要，在某些场所也用来增速，称为增速器。减速器的主要部件包括传动零件、箱体

和附件，也就是齿轮、轴承的组合及箱体、各种附件，本例主要介绍减速器上箱体（包括上箱体和下箱体）的建模过程。减速器的上箱体模型如图 4-74 所示。

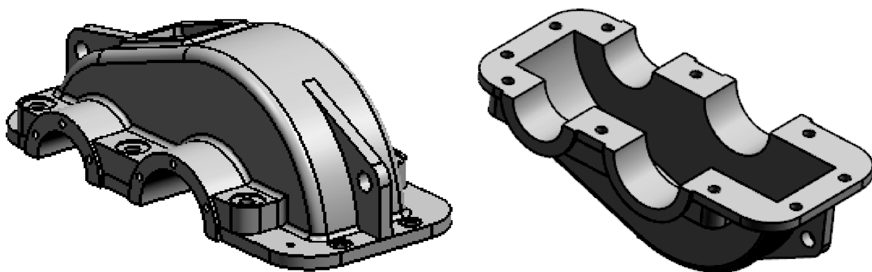


图 4-74　上箱体模型

**设计步骤：**

**01** 打开文件【TOP－quxian. prt】。

**02** 在【特征】工具条中单击【拉伸】按钮，弹出【拉伸】对话框。按如图 4-75 所示的操作创建拉伸实体特征。

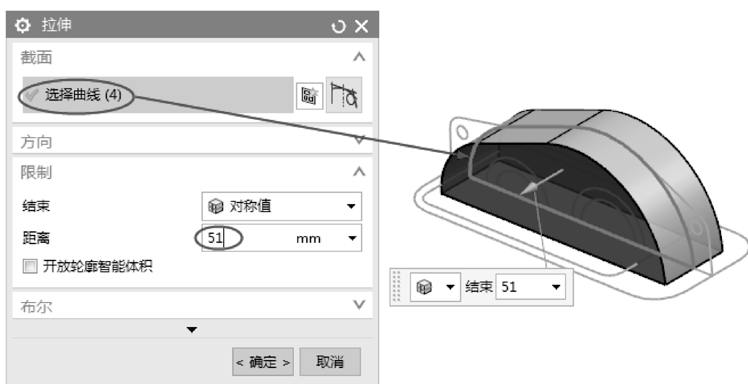



图 4-75　创建拉伸特征

**03** 在【特征】选项卡中单击【抽壳】按钮，弹出【抽壳】对话框。按如图 4-76 所示的操作完成实体的抽壳。

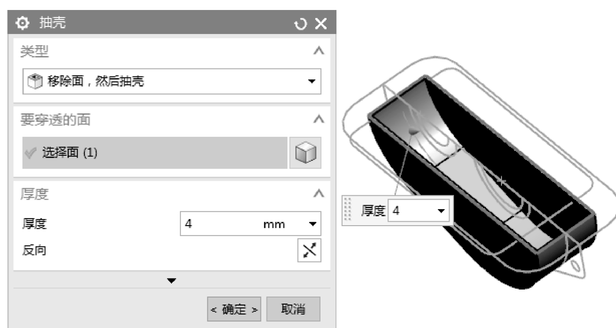



图 4-76　创建抽壳特征

**04** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-77 所示的截面，创建出对称值为 6. 5 的带孔拉伸实体特征。

**05** 使用【拉伸】工具，选择如图4-78所示的截面，创建出向+ZC轴拉伸12的底部实体特征。

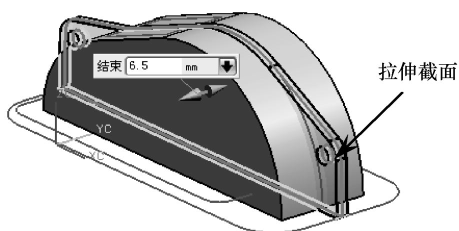


图4-77　创建带孔的拉伸特征

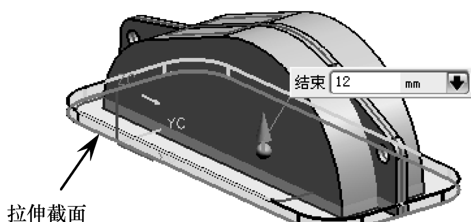


图4-78　创建底部的拉伸特征

**06** 使用【拉伸】工具，选择如图4-79所示的截面，创建出向+ZC轴拉伸25的实体特征。

**07** 使用【拉伸】工具，选择如图4-80所示的截面，以默认拉伸方向创建出对称值为98的圆环实体特征。

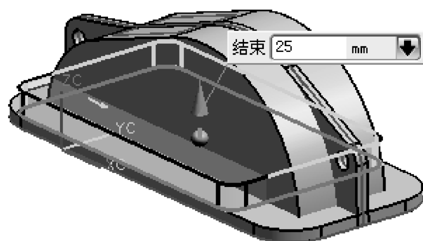


图4-79　创建拉伸特征

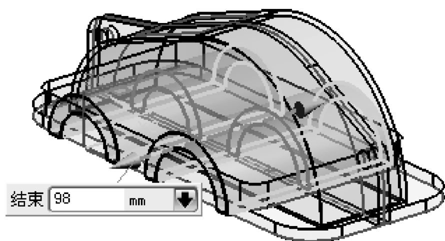


图4-80　创建圆环拉伸特征

**08** 使用【合并】工具，将步骤5与步骤6所创建的两个实体特征合并。

**09** 在【特征】选项卡中单击【拆分体】按钮，然后按如图4-81所示的操作步骤将合并的实体特征拆分。拆分后，将小的实体特征隐藏。

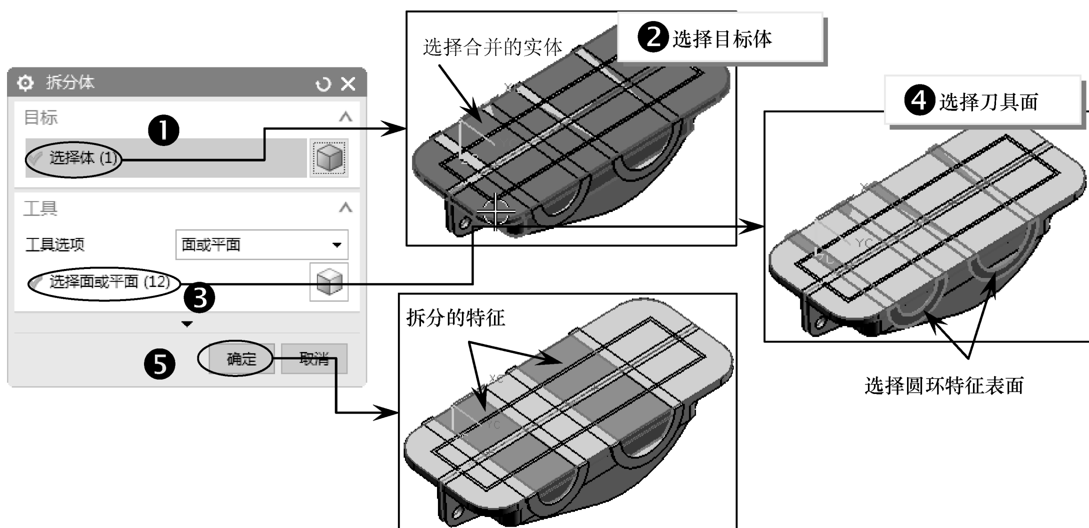


图4-81　拆分合并的实体特征

**10** 在【特征】选项卡中单击【修剪体】按钮，然后按如图 4-82 所示的操作步骤对步骤 4 创建的实体进行修剪。

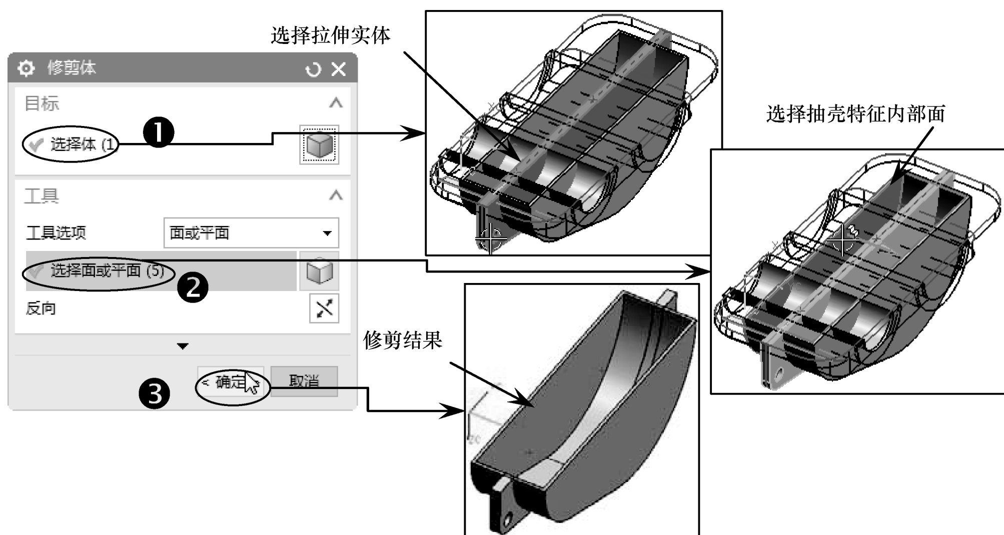



图 4-82　修剪实体

**11** 使用【修剪体】工具，选择如图 4-83 所示的目标体和工具面进行修剪。

**12** 使用【修剪体】工具，选择如图 4-84 所示的目标体和工具面进行修剪。

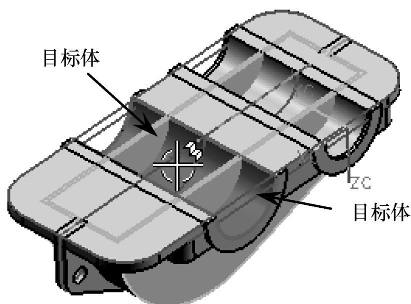



图 4-83　修剪抽壳实体

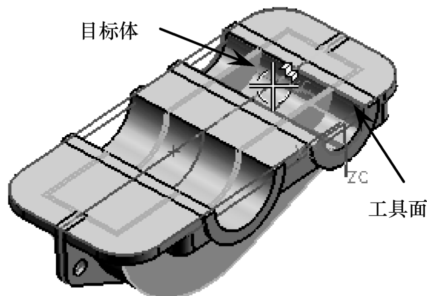



图 4-84　修剪抽壳实体

**13** 使用【修剪体】工具，选择如图 4-85 所示的目标体和工具面进行修剪。

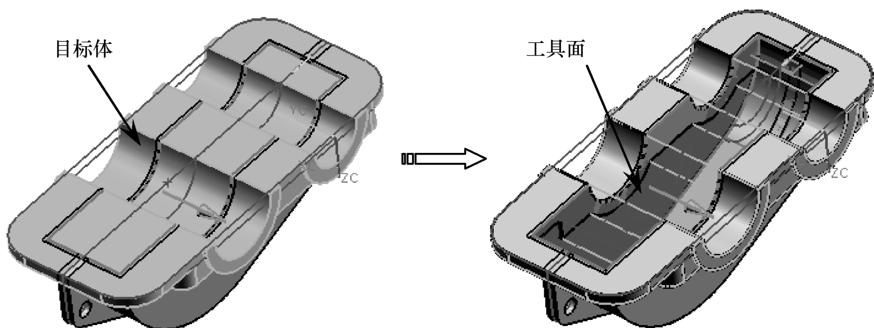



图 4-85　修剪实体

**14** 使用【合并】工具，将所有实体特征合并。

**15** 使用【拉伸】工具，选择如图4-86所示的截面，向默认方向进行拉伸，且拉伸的对称值为10，并作布尔减去运算。




图4-86　创建拉伸减材料特征

**16** 使用【拉伸】工具，选择如图4-87所示的截面，向默认方向进行拉伸，且拉伸的值为5，并作布尔合并运算。




图4-87　创建加材料拉伸特征

**17** 在【特征】工具条中单击【孔】按钮，弹出【孔】对话框。然后按如图4-88所示的步骤，指定草绘点的草图平面。

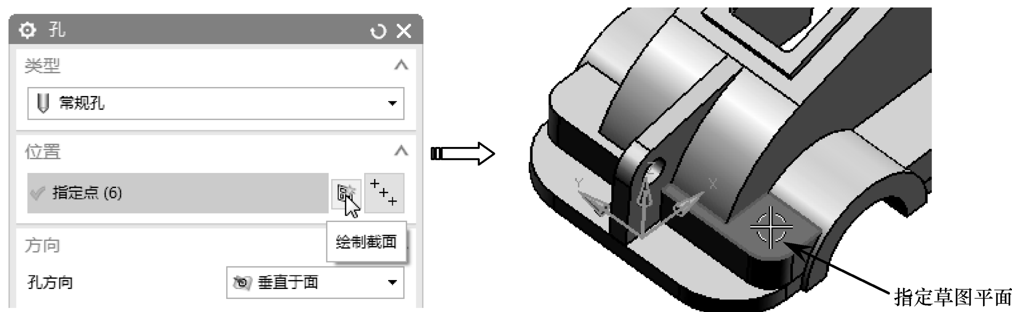



图4-88　指定草图平面

**18** 进入草图模式后，绘制如图4-89所示的点草图。

**19** 绘制草图后，退出草绘模式，然后在【孔】对话框中按如图4-90所示的操作步骤完成沉头孔的创建。

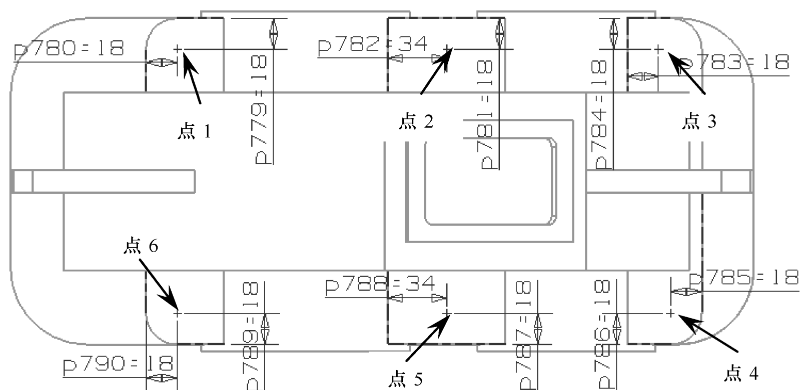



图 4-89　绘制 6 个点

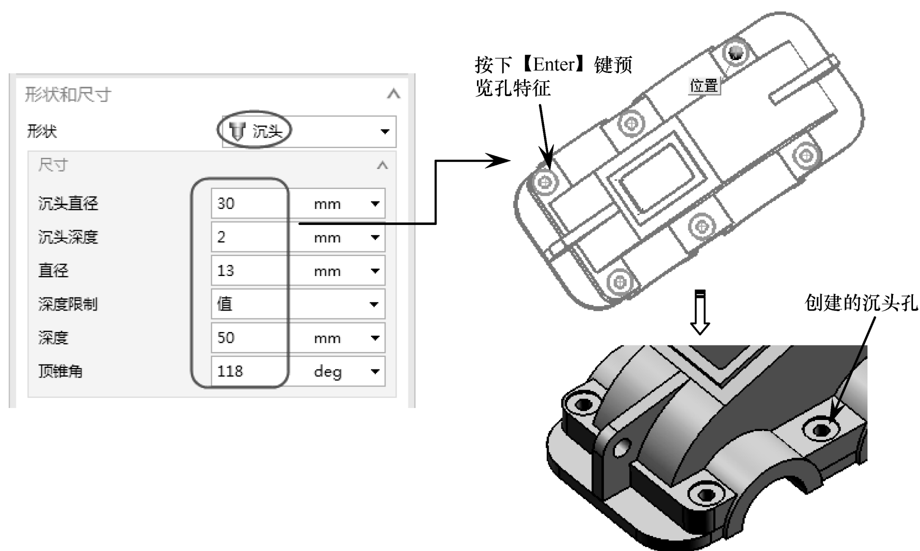



图 4-90　创建沉头孔

| 技巧点拨 | 在创建孔位置点时，除了通过【孔】对话框进入草绘模式外，用户还可以使用【草图】工具先绘制点草图，然后再使用【孔】工具创建孔。 |
| --- | --- |

**20**　同理，使用【孔】工具，在如图 4-91 所示的面上创建【沉头孔直径 30、深度 2、

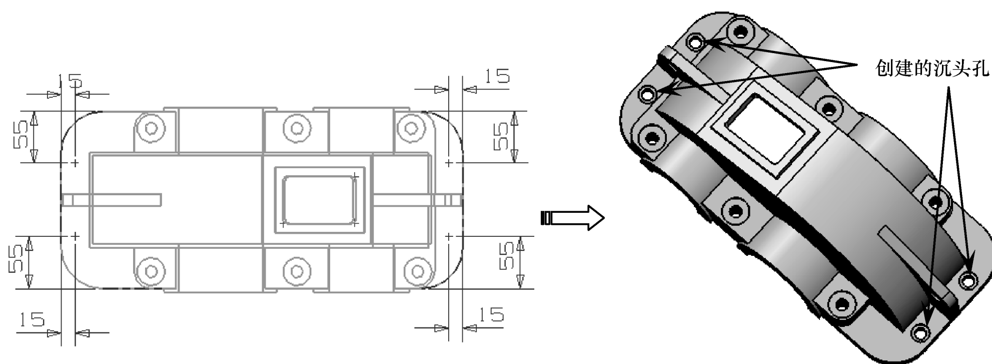



图 4-91　创建 4 个沉头孔



孔直径 13、孔深度 50】的 4 个沉头孔。

**21** 使用【边倒圆】工具，选择如图 4-92 所示的边进行倒圆角处理，且圆角半径为 10。同理，选择如图 4-93 所示的边进行倒圆角处理，且圆角半径为 5。

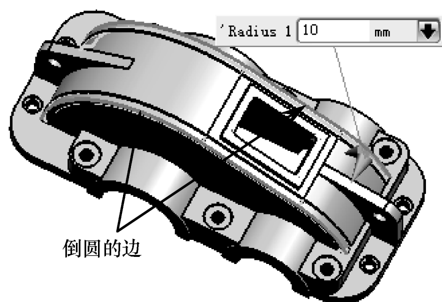



图 4-92　创建半径为 10 的圆角

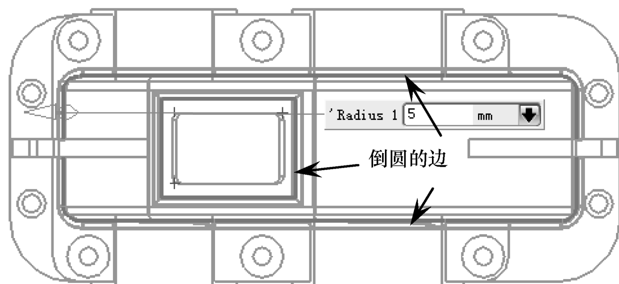



图 4-93　创建半径为 5 的圆角

**22** 至此，上箱体的建模工作全部完成。最后将结果保存。



### 4.4.2 建模训练——减速箱下箱体建模

下箱体的结构设计与上箱体类似，同样要使用【拉伸】、【修剪的片体】、【合并】、【减去】等工具来完成。减速器的下箱体模型如图 4-94 所示。

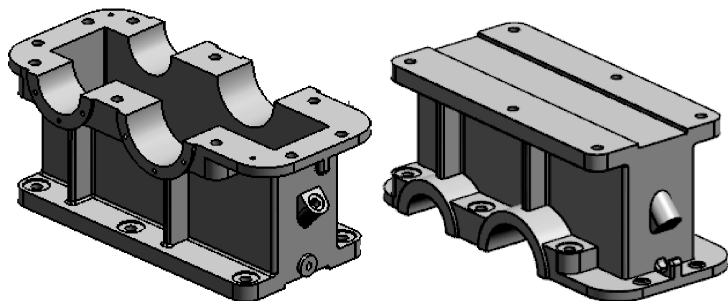


图 4-94　下箱体模型

**设计步骤：**

**01** 打开文件【DOWN－quxian. prt】。

**02** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-95 所示的截面，向＋ZC 方向进行拉伸，且拉伸值为 170，使截面向两侧偏置，偏置值为 8。

| 技巧点拨 | 在此处使用【偏置】，等于是创建厚度为偏置值的壳体，简化了操作步骤。 |
|---|---|

**03** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-96 所示的截面，向＋ZC 方向进行拉伸，且拉伸值为 37。

**04** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-97 所示的截面，向＋ZC 方向进行拉伸，且拉伸值为 12。

**05** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-98 所示的截面，向-ZC 方向进行拉伸，且拉伸的值为 20。

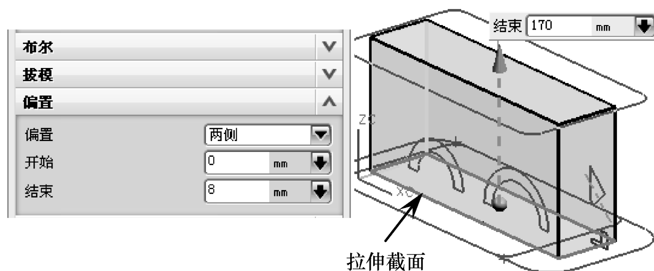


图 4-95　创建主体拉伸特征

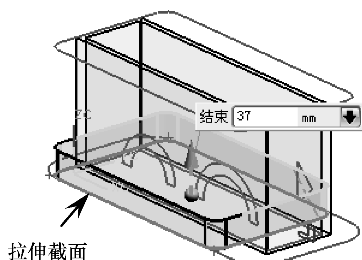


图 4-96　创建台阶拉伸特征

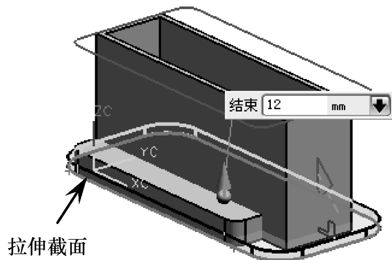


图 4-97　创建翻边拉伸特征

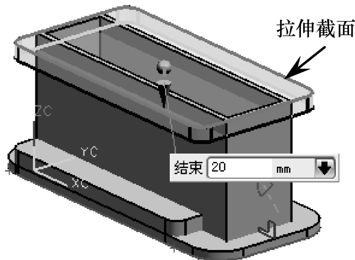


图 4-98　创建底座拉伸特征

**06** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-99 所示的截面，以默认拉伸方向创建出对称值为 98 的圆环实体特征。

**07** 使用【合并】工具，将步骤 5 与步骤 6 所创建的两个实体特征合并。

**08** 使用【拆分体】工具，以合并的实体作为目标体、2 个圆环实体面作为刀具面，将合并的实体特征拆分。拆分后，将小的实体特征隐藏，如图 4-100 所示。

| 技巧点拨 | 【修剪体】工具要求目标体与工具体只能存在一个共面，若目标体与工具体有两个共面，则不能使用该工具来修剪合并实体。 |
| --- | --- |

**09** 使用【合并】工具，将拆分后的几个实体合并，如图 4-101 所示。

**10** 使用【修剪体】工具，选择以上步骤合并的实体作为目标体、主体实体特征内表面作为工具面，修剪结果如图 4-102 所示。

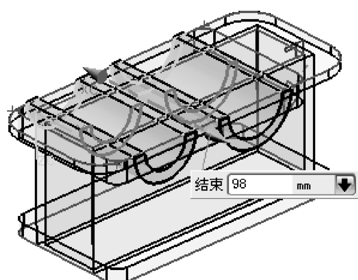



图 4-99　创建加材料特征

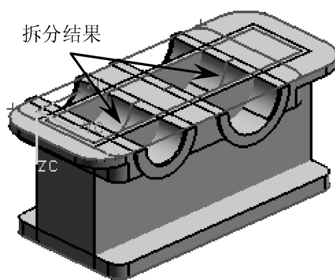



图 4-100　拆分合并的实体

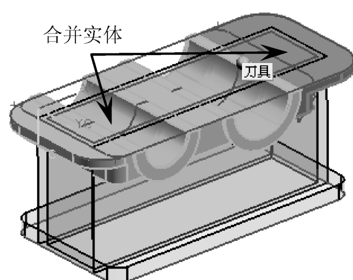



图 4-101　合并实体

**11** 使用【修剪体】工具，选择以主实体特征作为目标体、圆环体内表面作为工具面进行修剪。由于圆环体的内表面被分割成4 部分，因此连续4 次执行【修剪体】操作才能全部修剪完成，最终结果如图 4-103 所示。

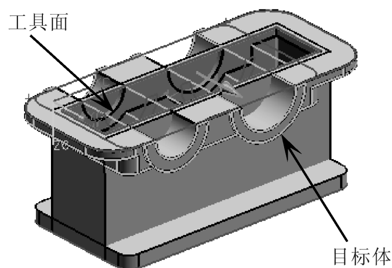



图 4-102　修剪合并实体特征

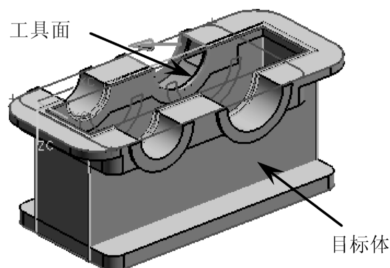



图 4-103　修剪主实体特征

**12** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-104 所示的截面，以默认拉伸方向创建出对称值为 15 的实体特征。

**13** 使用【拉伸】工具，选择如图 4-105 所示的截面，以默认拉伸方向创建出对称值为 8 的实体特征。

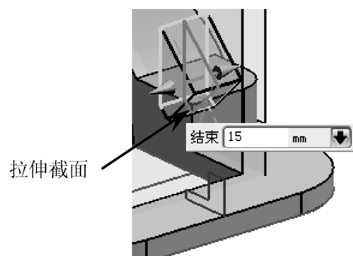



图 4-104　创建小拉伸特征

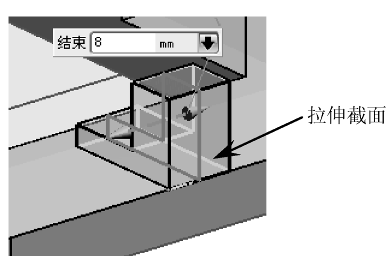



图 4-105　创建小拉伸特征

**14** 使用【基准平面】工具，选择如图 4-106 所示的实体面作为平面参考，并做出平移

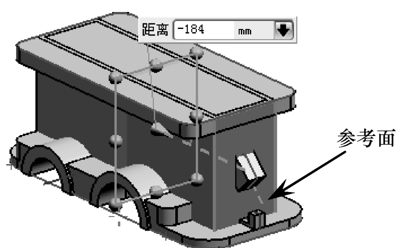



图 4-106　创建基准平面

距离为－184 的新基准平面。

**15** 使用【镜像体】工具，选择步骤 13 创建的拉伸实体，以新建的基准平面为镜像平面，创建出镜像体，如图 4-107 所示。

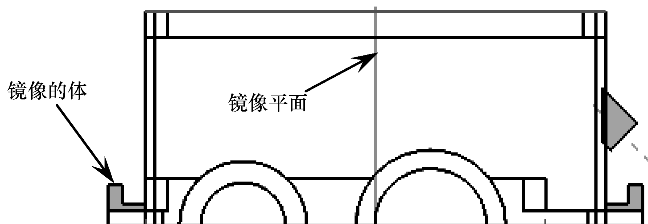



图 4-107　创建镜像体

**16** 使用【合并】工具，将所有的已合并与未合并的实体特征合并，生成一个整体。

**17** 利用【拉伸】工具，在底面绘制草图创建减材料拉伸特征，如图 4-108 所示。

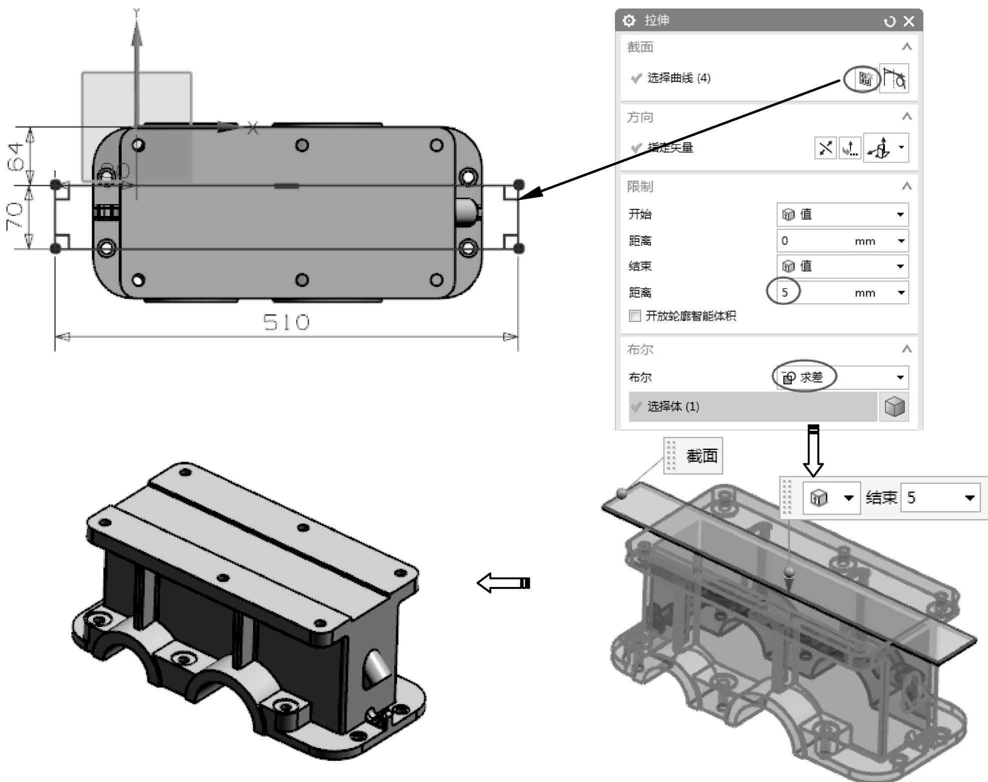



图 4-108　创建拉伸特征

**18** 在【特征】工具条中单击【垫块】按钮，弹出【垫块】对话框。按如图 4-109 所示的操作步骤，设置垫块特征的尺寸与放置位置参数。

**19** 单击【定位】对话框中的【确定】按钮，完成垫块特征的创建，如图 4-110 所示。

**20** 在【特征】选项卡中单击【阵列特征】按钮，弹出【阵列特征】对话框。按如图 4-111 所示的操作步骤，完成垫块特征的矩形阵列。

**21** 使用【孔】工具，在下箱体底部创建参数为【沉头孔直径 30、深度 2、孔直径 13、孔深度 30】的 6 个沉头孔，如图 4-112 所示。

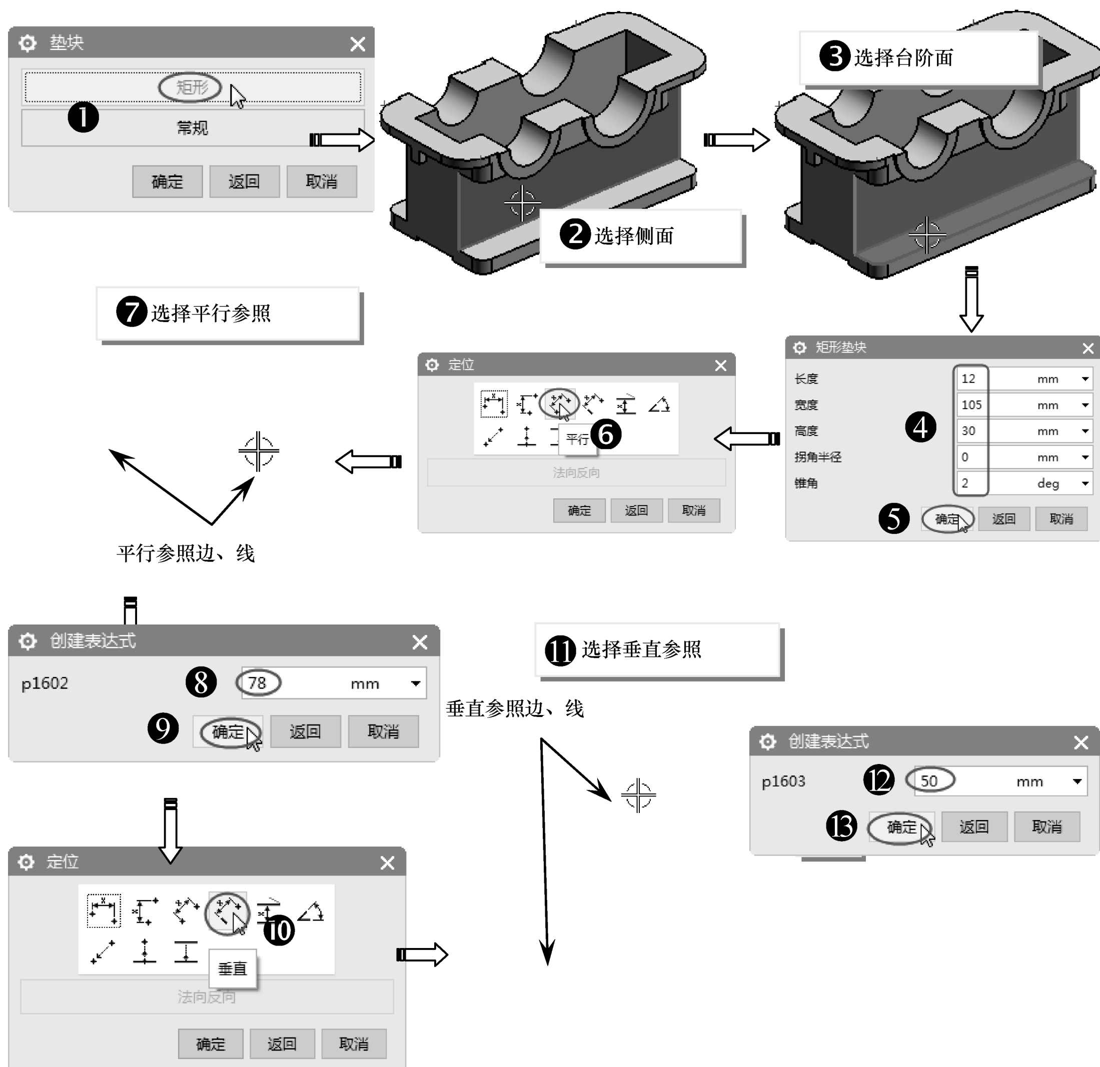



图 4-109　设置垫块特征参数

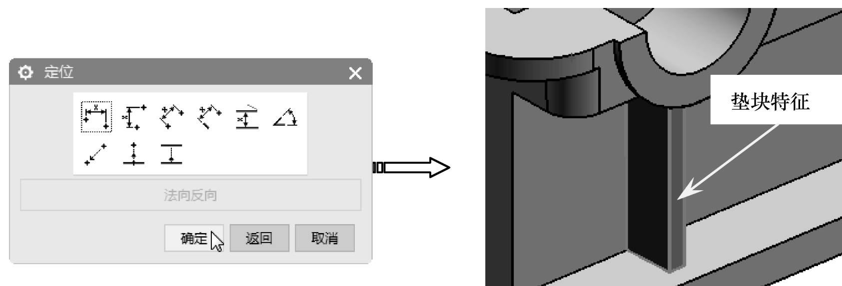



图 4-110　创建垫块特征

**22** 使用【孔】工具，在下箱体上部台阶上创建参数为【沉头孔直径 30、深度 2、孔直径 13、孔深度 50】的 6 个沉头孔，如图 4-113 所示。

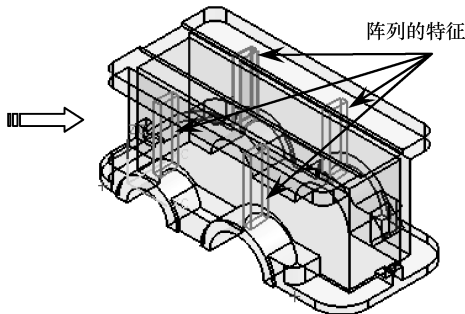



图 4-111　创建矩形阵列特征

图 4-112　下箱体底部创建 6 个沉头孔

图 4-113　下箱体上部创建 6 个沉头孔

**23**　使用【孔】工具，在下箱体上部台阶上创建参数为【沉头孔直径 20、深度 2、孔直径 13、孔深度 50】的 4 个沉头孔，如图 4-114 所示。

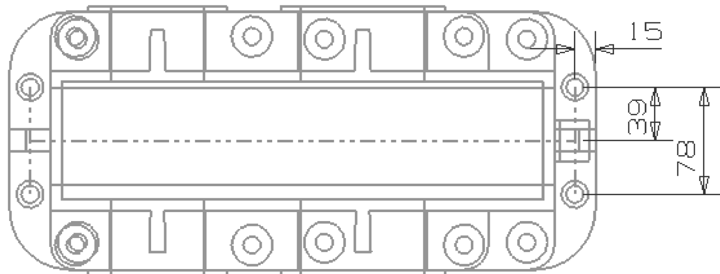



图 4-114　创建下箱体上口边创建沉头孔特征

**24**　使用【边倒圆】工具，选择如图 4-115 所示的边，倒出直径为 5 的圆角特征。

**25**　使用【边倒圆】工具，选择如图 4-116 所示的边，倒出直径为 3 的圆角特征。

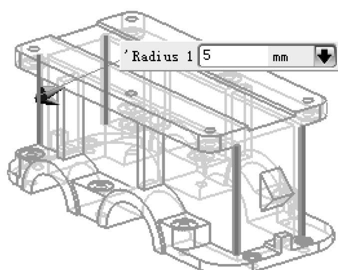



图 4-115　创建直径为 5 的圆角

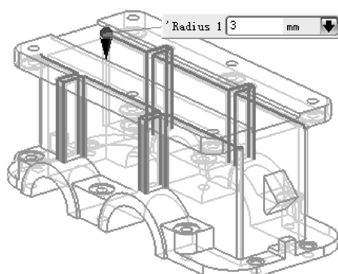



图 4-116　创建直径为 3 的圆角

**26** 使用【边倒圆】工具，选择如图 4-117 所示的边，依次倒出直径为 8、3 和 5 的圆角特征（同时在另一侧也创建出同样大小的圆角特征）。

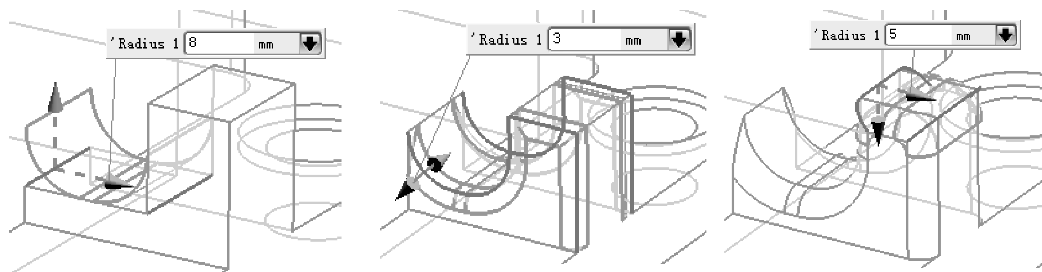



图 4-117　创建直径分别为 8、3 和 5 的圆角特征

**27** 使用【孔】工具，在如图 4-118 所示的特征面上创建出参数为【沉头孔直径 20、深度 2、孔直径 10、孔深度 60】的沉头孔。

**28** 使用【边倒圆】工具，选择如图 4-119 所示的边，倒出直径为 15 的圆角特征。

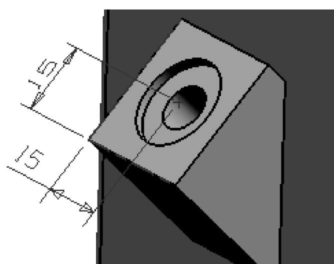



图 4-118　创建沉头孔

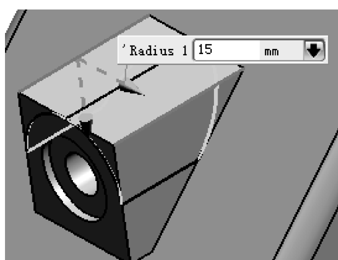



图 4-119　创建直径为 15 的圆角特征

**29** 至此，减速器的下箱体也全部创建完成，结果如图 4-120 所示。

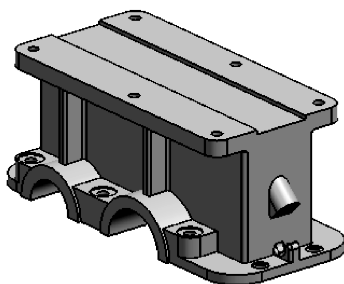


图 4-120　减速器下箱体模型

## 4.5 常见技巧解析与答疑

**1. 拆分时工具和目标体未完全形成相交该如何处理？**

图 4-121 即存在这种问题，可适当将拉伸的片体延伸，超出要拆分对象即可，这样就可以顺利地进行拆分了，如图 4-122 所示。

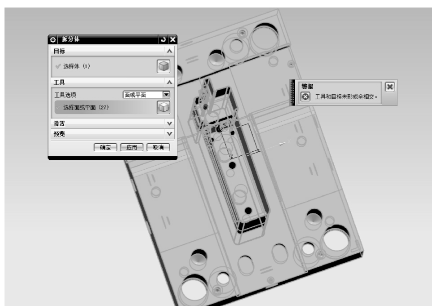


图 4-121 问题描述

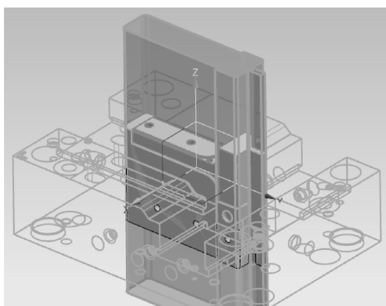


图 4-122 问题解决

**2. 实体求差的时候为何选择不了工具体？**

这要看所选的工具条是否是零件环境下建立的实体。如果是装配性质的组件实体，或者是曲面片体，则肯定无法选择。

**3. 为什么拉伸一直报错截面无效，该怎么解决？**

首先，若是创建实体，拉伸的截面必须是封闭的，形成交叉或者重叠的截面曲线也会报错。当然若要建立曲面片体，则拉伸的截面是否封闭并无影响。

**4. UG 草图环境中有几种约束状态？**

包括以下三种。

- 约束冲突：两种不同的条件限制图形有冲突且不成立。
- 过约束：重复的约束，默认为红色，删除一个即可。
- 欠约束：约束条件不够，有自由度，移动一下看欠缺什么条件。

**5. 拉伸有误时，可以返回到拉伸前状态重新进行拉伸吗？**

可以的。只要在模型树中右击要编辑的拉伸特征，选择【回滚编辑】命令，即可返回到之前的【拉伸】对话框中。

## 4.6 UG 工程师认证试题（四）

**一、单选题**

（1）建立孔特征时，可以使用【捕捉点】和【选择意图】选项帮助选择现有的点或特征点，也可以使用________来指定孔特征的位置。（B）

A. 插入点　　B. 草图生成器
C. 插入点集　　D. 坐标点

（2）对于圆台、腔体、凸垫、键槽等特征，放置面必须是________。（B）

A. 球面　　B. 平面　　C. 柱面　　D. 锥面

（3）如果选择了一个基准平面作为放置面，则可以使用________切换矢量的方向。（A）

A. 反侧按钮　　B. 输入负值　　C. 选择反向基准面　　D. 矢量构造器

（4）水平参考定义特征坐标系的________。（B）

A. 原点　　B. X 轴　　C. Y 轴　　D. Z 轴

（5）基体上的边缘或基准被称为________。（B）

A. 原点　　B. 目标边　　C. 工具边　　D. 基准边

（6）特征上的边缘或特征坐标轴被称为________。（C）

A. 原点　　B. 目标边　　C. 工具边　　D. 基准边

（7）对于圆形特征（如孔、圆台），定位尺寸为圆心（特征坐标系的原点）到________的垂直距离。（C）

A. 原点　　B. 目标边　　C. 工具边　　D. 基准边

（8）________和凸台特征类似，只是生成方式和凸台的生成方式相反。（A）

A. 腔体　　B. 坡口焊　　C. 凸垫　　D. 圆柱体

（9）________成型特征必须建立在圆面或圆锥面上。（D）

A. 凸台　　B. 孔　　C. 键槽槽　　D. 沟槽

（10）________允许将一个非定位实体特征移动到指定的位置，对于有定位尺寸的特征，可通过编辑位置尺寸的方法移动特征，从而达到修改实体特征的目的。（A）

A. 编辑位置　　B. 移动特征　　C. 特征重排序　　D. 参数编辑

**二、多选题**

（1）创建凸台的放置面可以是________。（A、C）

A. 平的表面　　B. 圆柱面　　C. 基准平面　　D. 锥面

（2）键槽可创建________。（A、B、C、D）

A. 矩形　　B. 球形端　　C. T－键槽　　D. U－键槽

（3）沟槽可创建________。（A、B、D）

A. 矩形沟槽　　B. 球形末端沟槽　　C. T－形沟槽　　D. U－形沟槽

**三、创建模型**

（1）根据三维标注的轴侧图画出如图 4-123 所示的零件模型。

（2）根据三维标注的轴侧图画出如图 4-124 所示的零件模型。

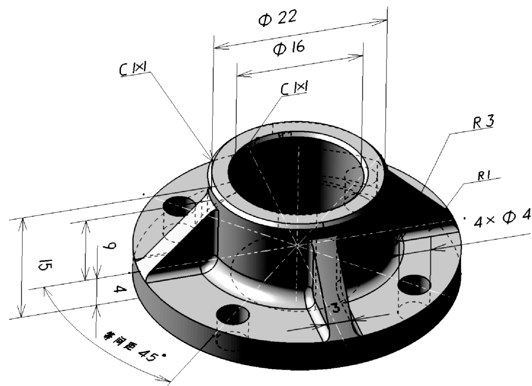



图 4-123　模型 1

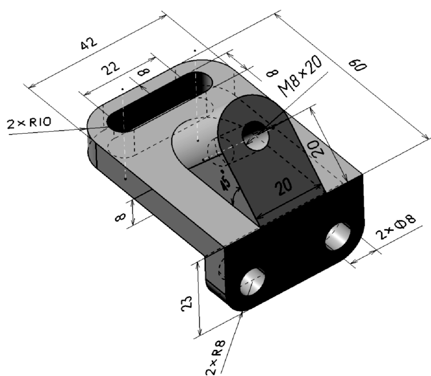



图 4-124　模型 2

（3）根据三维标注的轴侧图画出如图 4-125 所示的零件模型。

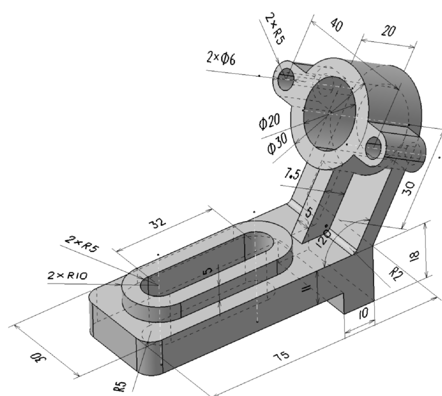



图 4-125　模型 3





# 第 5 章

# 曲线与曲面设计

## 本章导读

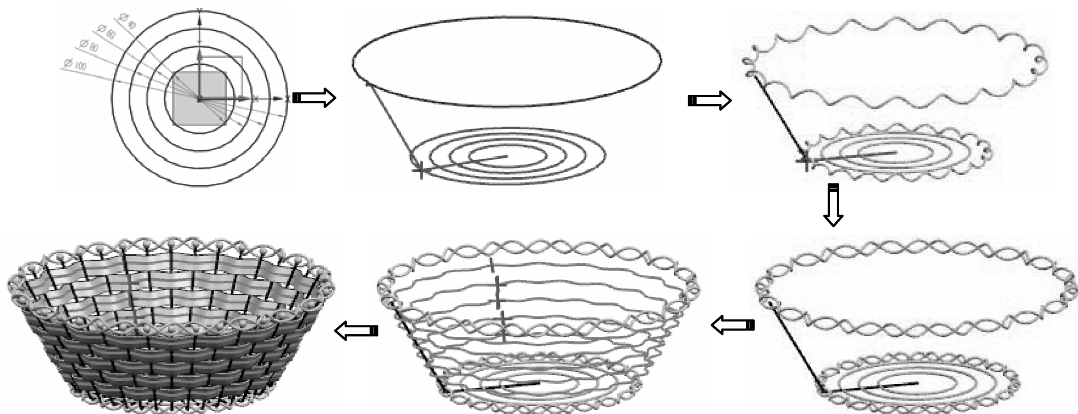
在工业造型设计过程中，造型曲线是创建曲面的基础，曲线越平滑，曲率越均匀，则获得曲面的效果将越好。UG 曲面工具的应用是构建复杂外形造型的重要手段。因为曲面造型功能能完成形状复杂、怪异、无规律变化的外观设计。



## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案　例　图 | 描　　述 |
| --- | --- |
| | 花篮造型主要应用到【扫掠】、【管道】、【镜像特征】和【阵列】等命令。其中，还利用表达式建模方法创建复杂的环状波浪形曲线 |



# 5.1 曲线设计

总体来说，UG NX 曲线工具分为 3 种曲线定义类型，包括以数学形式定义的曲线、根据几何体的计算而定义的曲线以及过点、极点或用参数定义的曲线。下面简要介绍这几种曲线类型。



## 5.1.1 以数学形式定义的曲线

在【曲线】选项卡中，以数学形式定义的曲线构建工具包括【直线】【圆弧/圆】【直线和圆弧】组【基本曲线】【椭圆】【抛物线】【双曲线】和【一般二次曲线】等曲线构建工具。各曲线构建工具的含义及图解如下。

- 直线：【直线】工具是构建直线段的工具，直线是空间内任意两点间的连接线段，它有起点和终点。使用【直线】构建的直线如图 5-1a 所示。
- 圆弧/圆：【圆弧/圆】工具主要是创建指定平面或程序默认基准平面上的圆弧和圆特征曲线。使用【圆弧/圆】构建的圆弧如图 5-1b 所示。
- 椭圆、抛物线、双曲线：椭圆、抛物线和双曲线在数学方程中同为二次曲线。二次曲线是由截面截取圆锥所形成的截线，二次曲线的形状由截面与圆锥的角度而定，同时在平行于 XC、YC 平面的面上由设定的点定位。使用 UG 曲线工具构建的椭圆、抛物线和双曲线如图 5-1c、d、e 所示。

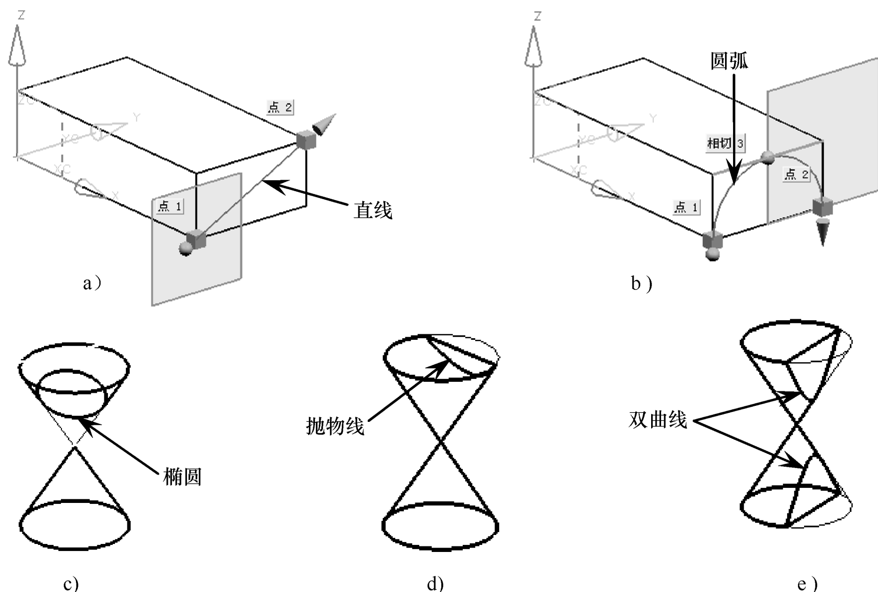



图 5-1　以数学形式定义的曲线

- 一般二次曲线：可通过使用各种二次曲线方法或使用二次曲线方程创建二次曲线的截面。UG 给出了 7 种不同的创建方法，如图 5-2 所示。
- 基本曲线：【基本曲线】是用于创建非关联的曲线（包括直线、圆弧和圆）并进行曲线编辑的工具。【基本曲线】工具如图 5-3 所示。






图 5-2　定义二次曲线截面的 7 种方法




图 5-3　基本曲线工具

● 【直线和圆弧】组：【直线和圆弧】组是一个直线和圆弧创建功能很齐全的组，如图 5-4 所示。

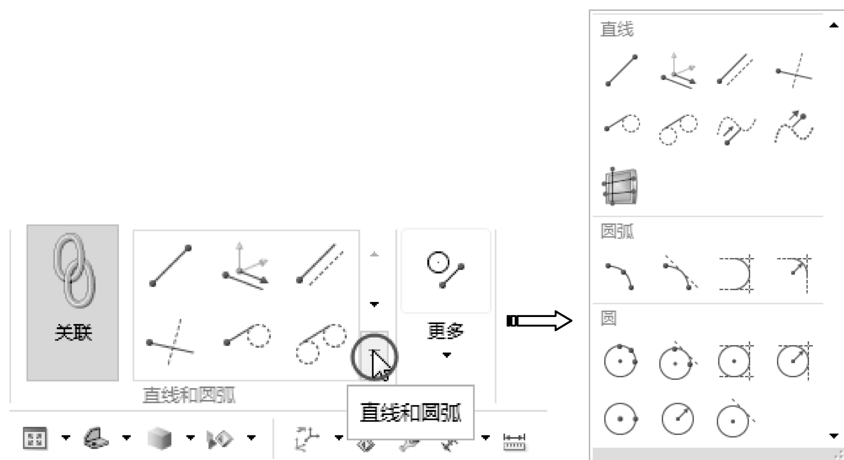



图 5-4　直线和圆弧工具组

## 上机操作——创建吊钩曲线

下面用一个吊钩造型实例来详解造型曲线的构建方法。吊钩曲线及造型结果如图 5-5 所示。

**01** 新建模型文件。

**02** 在【主页】选项卡【直接草图】组中单击【草图】按钮，采用默认的草图平面（XC-YC 基准平面），进入草绘模式，如图 5-6 所示。

**03** 在草绘环境中，使用【直线】【圆弧】【圆】及【快速修剪】等草图曲线工具，绘制出如图 5-7 所示的草图。

**04** 草图绘制完成后，单击【完成草图】按钮完成草图，退出草绘模式。

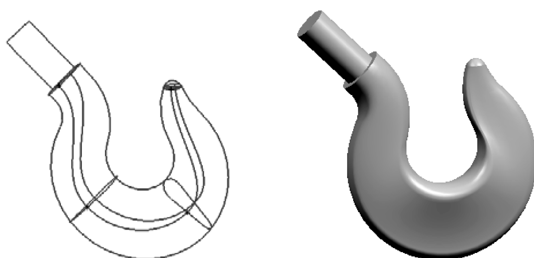


图 5-5　吊钩曲线



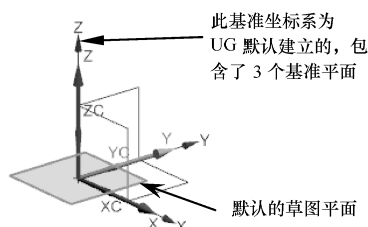




图 5-6　指定草图平面

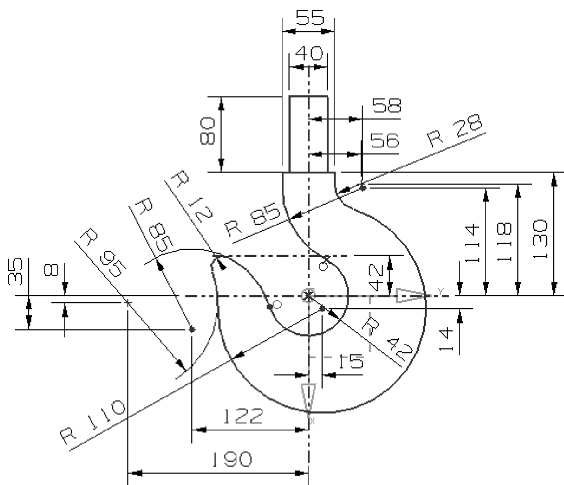



图 5-7　绘制轮廓图形

**05**　在【特征】组中单击【基准平面】按钮，采用【曲线上】类型，选择如图 5-8 所示的参照曲线（平面剖切曲线）和曲线上的方位，在柄部位置创建出第 1 个新基准平面。

**06**　在【曲线】选项卡【曲线】组中单击【直线】按钮，在钩尖位置选择圆弧草图的起点与终点，创建出如图 5-9 所示的直线特征。

**07**　利用【特征】组的【基准平面】命令，采用【点和方向】类型，选择如图 5-10 所示的通过点和方向矢量，在钩尖位置创建出第 2 个基准平面。

**08**　创建手柄部曲线。单击【圆弧/圆】按钮，弹出【圆弧/圆】对话框。然后按如图 5-11 所示的操作步骤，在第 1 个新基准平面中创建出圆曲线特征。



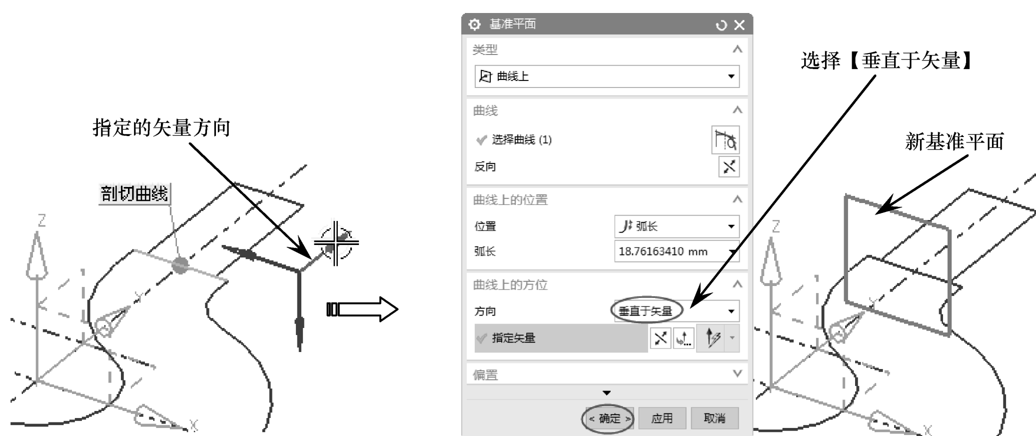



图 5-8　创建第 1 个新基准平面




图 5-9　创建直线　　图 5-10　创建第 2 个新基准平面

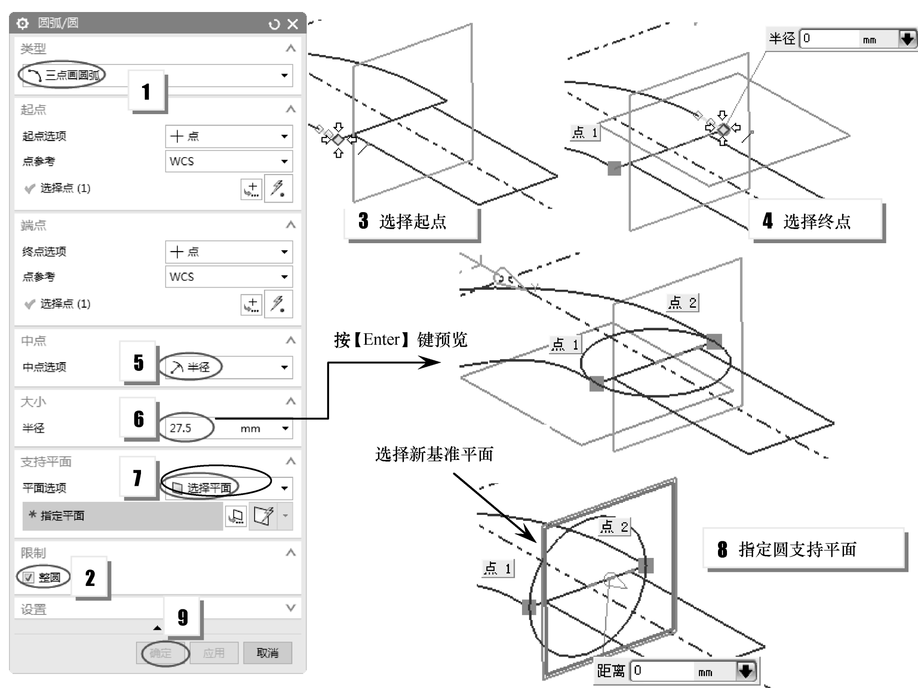



图 5-11　创建柄部圆曲线

**09** 同理，采用【从中心开始的圆弧/圆】类型，创建钩尖的圆曲线特征，如图 5-12 所示。

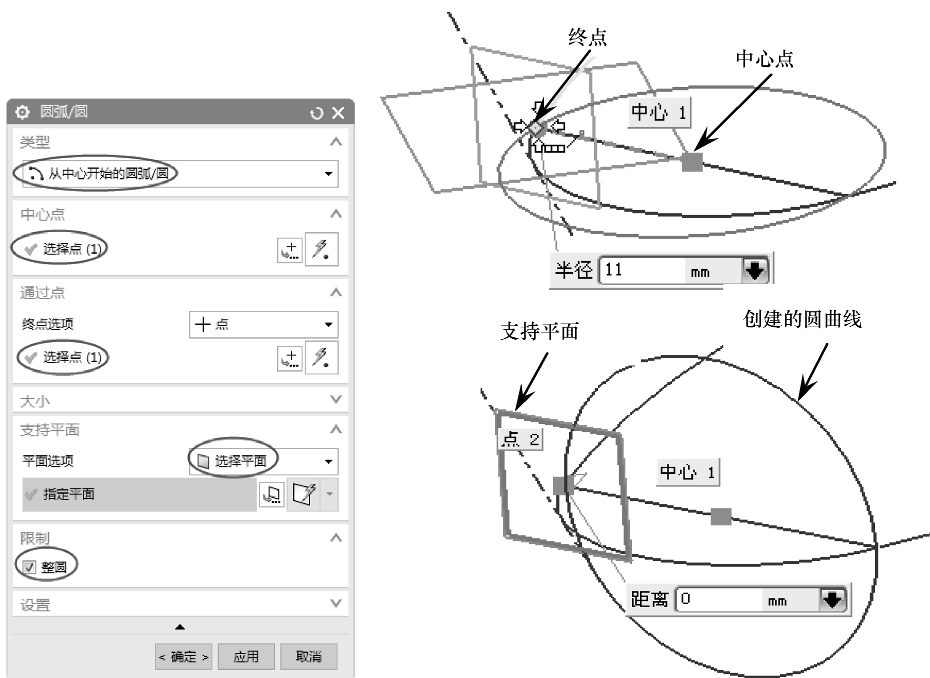



图 5-12　创建钩尖圆曲线

**10** 执行【直接草图】组的【草图】命令，选择 XC-ZC 基准平面作为草图平面，然后在草绘模式中绘制如图 5-13 所示的吊钩控制截面曲线。

**11** 执行【草图】命令，选择 YC-ZC 基准平面作为草图平面，然后在草绘模式中绘制如图 5-14 所示的另一条吊钩控制截面曲线。

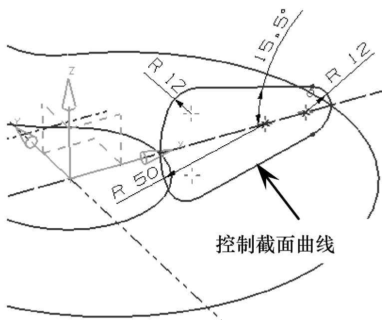



图 5-13　绘制控制截面曲线

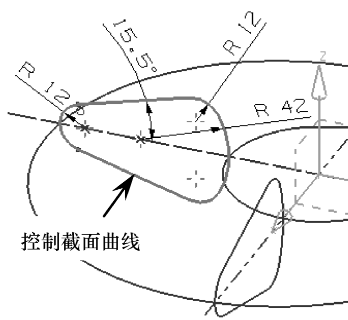



图 5-14　绘制另一条控制截面曲线

**12** 在菜单栏中执行【插入】|【基准/点】|【点】命令，采用【中点】约束和【象限点】约束分别在 4 个吊钩控制截面曲线中创建 4 个点，如图 5-15 所示。

**13** 使用【基准平面】命令，采用【点和方向】类型，在钩尖截面中点处创建一个新基准平面，如图 5-16 所示。

**14** 使用【点】命令，以上步骤创建的新基准平面作为支持平面，创建出平行于 X 轴



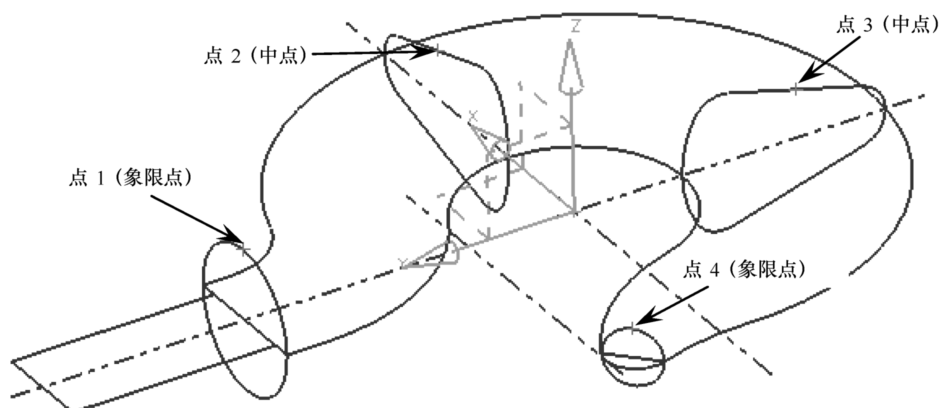



图 5-15　创建 4 个点

（该轴是根据支持平面而言的）的直线特征，如图 5-17 所示。

**15** 使用【点】命令，以默认的支持平面，在吊钩组合截面曲线上创建出平行于 Z 轴（支持平面）的直线特征，如图 5-18 所示。

**16** 使用【点】命令，以默认的支持平面，在另一条吊钩组合截面曲线上创建出平行于 X 轴（支持平面）的直线特征，如图 5-19 所示。

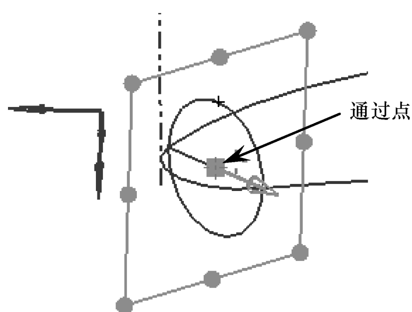



图 5-16　创建新基准平面

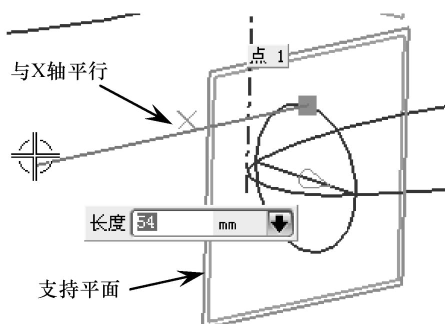



图 5-17　创建直线

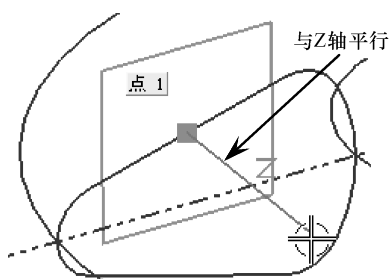



图 5-18　创建直线

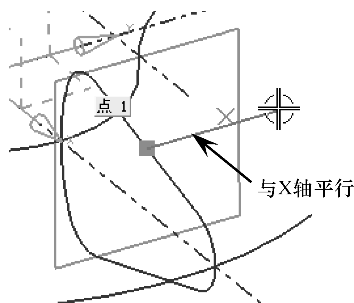



图 5-19　创建直线

**17** 使用【点】工具，以默认的支持平面，在吊钩柄部圆曲线上创建出平行于 X 轴（支持平面）的直线特征，如图 5-20 所示。

**18** 在【曲线】选项卡【派生曲线】组中单击【桥接曲线】按钮，弹出【桥接曲线】对话框。选择如图 5-21 所示的起始对象与终止对象，创建出第 1 条桥接曲线。

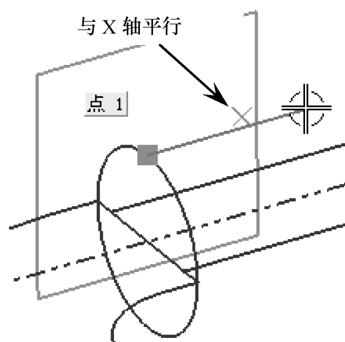



图 5-20　创建直线

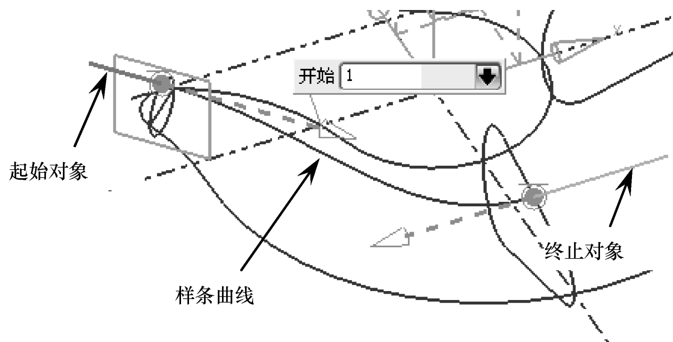



图 5-21　创建第 1 条桥接曲线

**19** 同理，再选择【桥接曲线】命令，依次创建出其余两条桥接曲线，创建的第 2 条桥接曲线如图 5-22 所示。第 3 条桥接曲线如图 5-23 所示。

| 技巧点拨 | 在创建后两条桥接曲线过程中，起始对象或终止对象因桥接方向不同会产生不理想的曲线，这时需要在【桥接曲线】对话框中单击【反向】按钮，更改桥接方向。 |
|---|---|

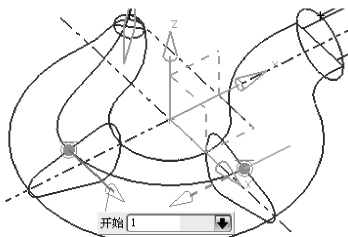



图 5-22　创建第 2 条桥接曲线

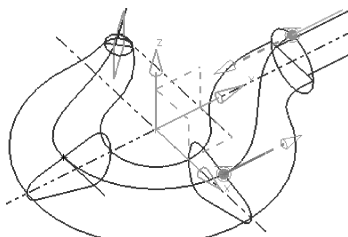


图 5-23　创建第 3 条桥接曲线

**20** 选择【曲线】选项卡【派生曲线】组中的【镜像曲线】命令，将 3 条桥接曲线以 XC-YC 基准平面作为镜像平面，镜像至基准平面另一侧，如图 5-24 所示。

**21** 图形区中除实线外，将其余辅助线、基准平面及虚线等隐藏，吊钩的曲线构建操作即完成，最终结果如图 5-25 所示。

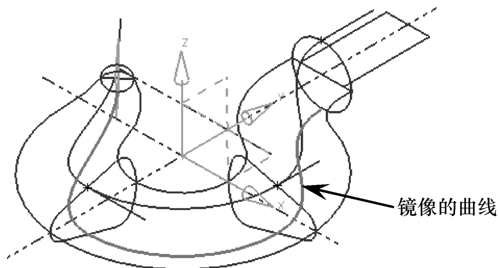



图 5-24　创建镜像曲线

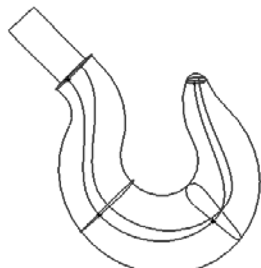


图 5-25　吊钩曲线

| 技巧点拨 | 从本例中我们不难发现，基准平面的作用不仅仅是作为绘制曲线、草图、形状的工作平面，还可以作为其他命令执行过程中的镜像参照。在不断的练习过程中，您将会发掘出越来越多的功能。 |
|---|---|



### 5.1.2 由几何体计算而定义的曲线

在【曲线】组中由几何体计算而定义的曲线工具包括【桥接曲线】【偏置曲线】【抽取曲线】【简化曲线】【连接曲线】【剖切曲线】和【缠绕/展开曲线】等曲线构建工具。

- 桥接曲线：【桥接曲线】可创建两条曲线之间的相切圆角曲线，如图 5-26a 所示。
- 偏置曲线：【偏置曲线】可利用偏移距离、拔模、规律控制、3D 轴向等手段创建参照成型曲线的偏置曲线，如图 5-26b 所示。
- 抽取曲线：【抽取曲线】可以以体或面的边作为参照创建曲线特征，如图 5-26c 所示。
- 简化曲线：【简化曲线】可以从曲线链创建一串最佳拟合的直线和圆弧，如图 5-26d 所示。
- 连接曲线：【连接曲线】可将多条曲线连接在一起以创建出样条曲线，如图 5-26e 所示。
- 剖切曲线：【剖切曲线】可通过平面与体、面或曲线相交来创建曲线或点，如图 5-26f 所示。
- 缠绕/展开曲线：【缠绕/展开曲线】可将曲线从平面缠绕至圆锥或圆柱面，或者将曲线从圆锥或圆柱面展开至平面上。缠绕曲线与展开曲线是一个相反的操作过程。使用【缠绕/展开曲线】工具构建的曲线如图 5-26g 所示。

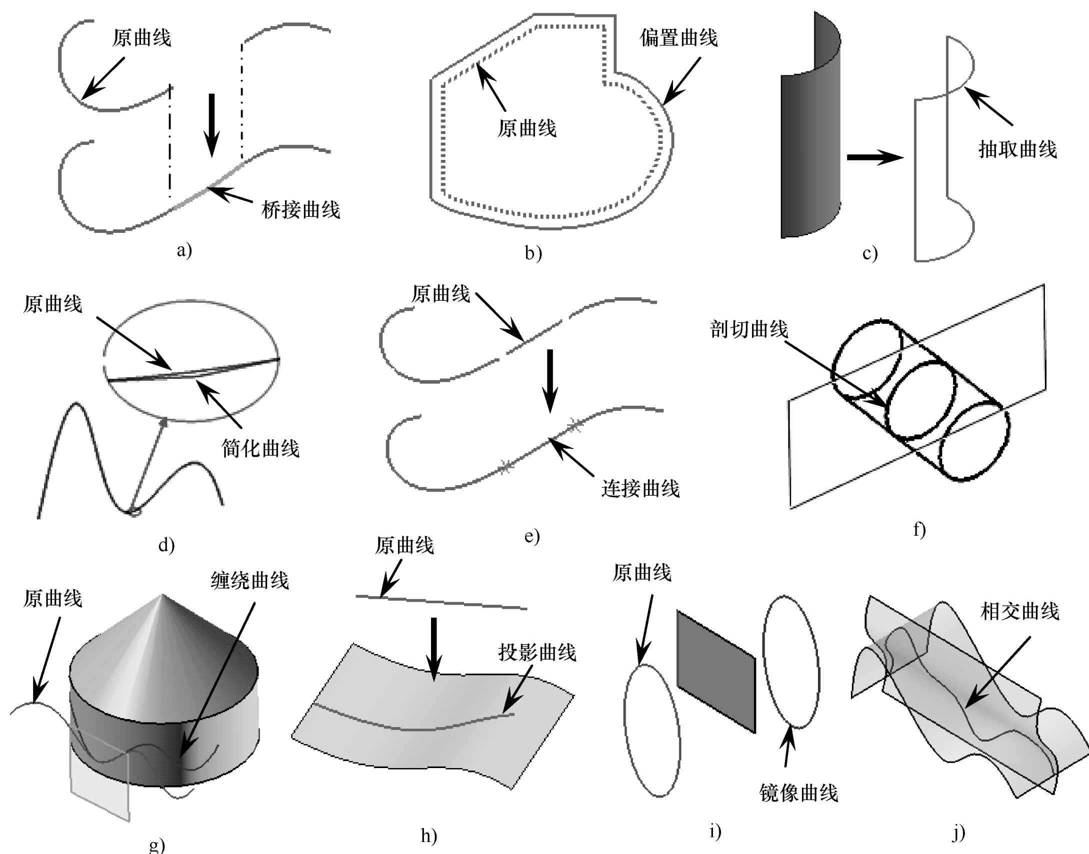



图 5-26　由几何体计算而定义的曲线

- 投影曲线：【投影曲线】用于将曲线、边或点沿某一方向投影到现有曲面、平面或参考平面上。如果投影曲线与面上的孔或面上的边缘相交，则投影曲线会被面上的孔和边缘所修剪。投影方向可以设置成某一角度、某一矢量方向、向某一点方向或沿面的法向。投影曲线如图 5-26h 所示。
- 镜像曲线：【镜像曲线】可穿过基准平面或平的面创建镜像曲线，如图 5-26i 所示。
- 相交曲线：【相交曲线】可创建出两个对象间（曲面）的相交曲线，如图 5-26j 所示。





### 5.1.3　过点、极点或用参数定义的曲线

在【曲线】组中过点、极点或用参数定义的构造曲线包括样条曲线、螺旋曲线和规律曲线。

#### 1. 样条曲线

【样条】可使用诸如通过点或根据极点的方式来定义样条曲线。UG 为用户提供了多种样条曲线的定义方法：【根据极点】【通过点】【拟合】和【垂直于平面】。例如以【通过点】方式来构建样条曲线，结果如图 5-27 所示。

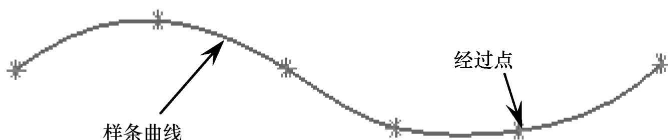



图 5-27　以【通过点】方式构建的样条曲线

#### 2. 点或点集

若要创建直线或其他样条曲线，可先创建点或点集。

在【曲线】组上单击【点】按钮，弹出【点】对话框，如图 5-28 所示。通过此对话框用户可创建出需要的点。

【点集】是指在现有的几何体上创建点的集合，如在曲线、实体边或面上的点。单击【曲线】组中【点集】按钮，弹出【点集】对话框，如图 5-29 所示。




图 5-28　【点】对话框




图 5-29　【点集】对话框

用户可利用【点集】对话框中提供的3种点集类型来创建点集合：【曲线点】【样条点】和【面的点】。

- 曲线点：通过选择曲线或边，在其上创建出点集，如图5-30所示。
- 样条点：绘制样条时，以样条的定义点、结点或极点作为点集，也就是在绘制样条曲线的时候，一般先输入一些点，通过这些点来绘制曲线，在用这种类型方法来创建点集的时候，实际上就是把原来的点调出来，如图5-31所示。
- 面的点：选择一个曲面，在其上创建点集，如图5-32所示。

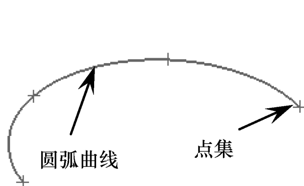


图5-30　曲线点

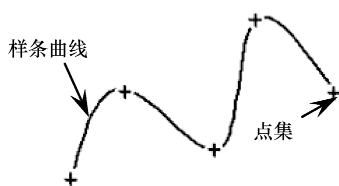


图5-31　样条点

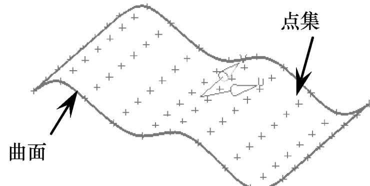


图5-32　面的点

### 3. 规律曲线

【规律曲线】是指通过使用规律函数（如常数、线性、三次和方程）来创建的样条曲线。规律曲线是由一组X、Y和Z分量来定义的，必须为这三个分量中的每一个都指定规律。

在【曲线】组中单击【规律曲线】按钮，弹出【规律曲线】对话框，如图5-33所示。通过此对话框，用户可以定义7种规律曲线类型。



图5-33　【规律曲线】对话框

## 上机操作——创建正弦线

本实例要求创建长10毫米，振幅为5、3个周期，相位角为0的正弦线。

**01**　新建模型文件。

**02**　选择模板，自定义文件名称和文件夹。单击【确定】按钮，退出【新建】对话框，进入建模模块。

**03** 单击【工具】选项卡中【表达式】按钮，弹出【表达式】对话框。

**04** 输入【名称】为 t，输入【公式】为 1。单击【完成】图标，完成 t = 1 公式。依次类推，完成如图 5-34 所示的变量。单击【确定】按钮，退出【表达式】对话框。

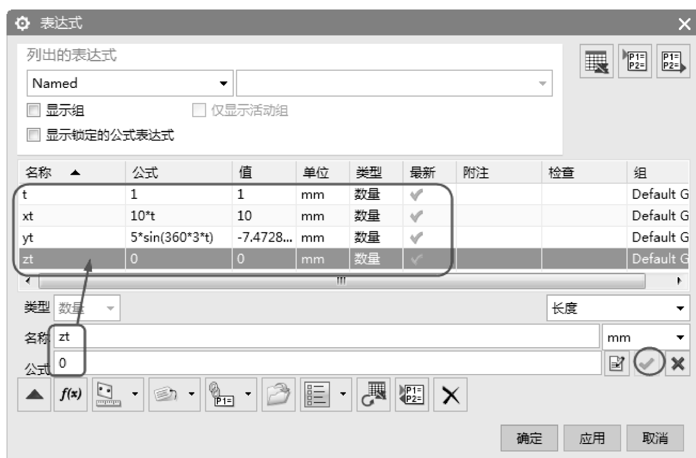



图 5-34　【表达式】对话框

| 技巧点拨 | 10 * t 代表 x 从 0 变化到 10，5 * sin（360 * 3 * t）代表 5 倍振幅波动 3 个周期。输入规律为 0，表示曲线在 Z = 0 的 XY 平面上。 |
|---|---|

**05** 在【曲线】组中单击菜单栏中【插入】|【曲线】|【规律曲线】按钮，弹出【规律曲线】对话框。

**06** 由于已经定义了规律函数表达式，所有只需要选择 X 规律、Y 规律和 Z 规律的规律类型为【根据方程】即可，如图 5-35 所示。

**07** 保留对话框中其余参数及选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成正弦线的绘制，如图 5-36 所示。




图 5-35　定义 X、Y、Z 规律类型

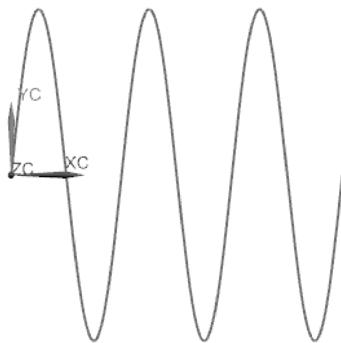



图 5-36　创建正弦线

## 上机操作——创建渐开线

本实例要求创建长半径从 0 逐圈增加 3 毫米、6 个周期的渐开线。

**01** 新建模型文件。

**02** 选择模板，自定义文件名称和文件夹。单击【确定】按钮，退出【新建】对话框，进入建模模块。

**03** 单击【工具】选项卡中【表达式】按钮，弹出【表达式】对话框。

**04** 输入【名称】为 t，输入【公式】为 1。单击【完成】图标，完成 t = 1 公式。依次类推，完成 xt = 3 * sin（360 * 6 * t）* t 公式和 yt = 3 * cos（360 * 6 * t）* t 公式，如图 5-37 所示。单击【确定】按钮，退出【表达式】对话框。

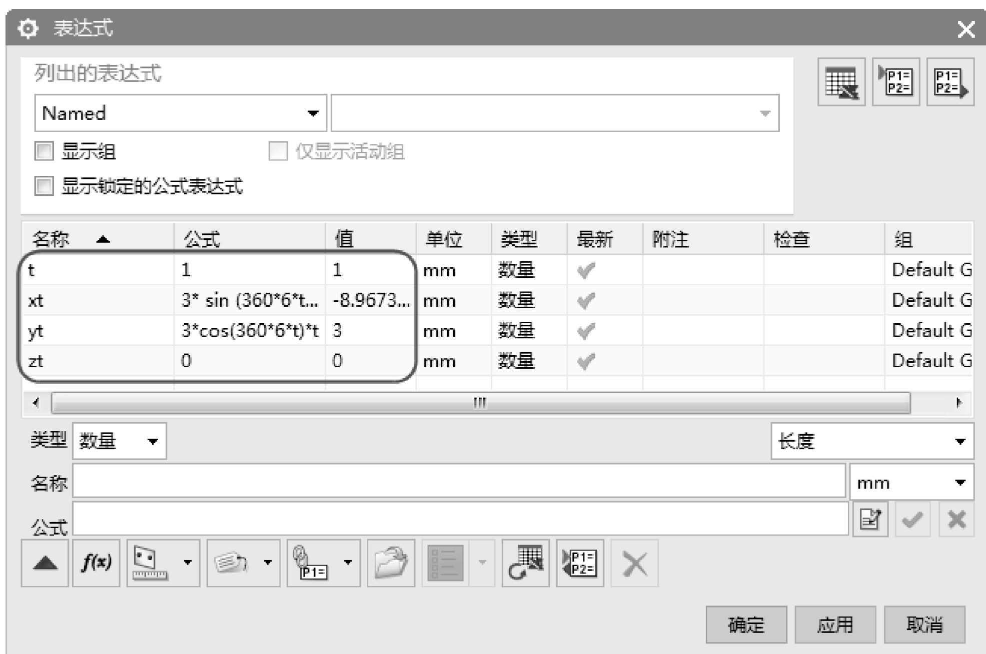



图 5-37 【表达式】对话框

> **技巧点拨**
>
> 360 * 3 * t 代表 3 个周期，3 * cos（360 * 6 * t）* t 代表从 0 到 3 毫米的振幅增加。t 的单位须为恒定，长度单位的情况下不能支持（t * t（t * t * t）等高阶次。

**05** 在【曲线】组中单击菜单栏【插入】|【曲线】|【规律曲线】按钮，弹出【规律曲线】对话框。

**06** 由于已经定义了规律函数表达式，所有只需要选择 X 规律、Y 规律和 Z 规律的规律类型为【根据方程】即可，如图 5-38 所示。

**07** 保留对话框中其余参数及选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成渐开线的绘制，如图 5-39 所示。




图 5-38　定义 X、Y、Z 规律类型

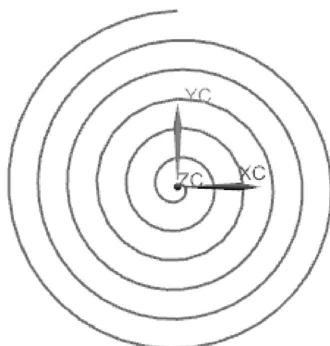



图 5-39　创建渐开线

## 4. 螺旋曲线

【螺旋线】可创建具有指定圈数、螺距、弧度、旋转方向和方位的螺旋曲线。

### 上机操作——创建螺旋线

创建螺旋线的过程如下。

**01** 新建模型文件。

**02** 在【曲线】选项卡【曲线】组中单击【螺旋线】按钮，弹出【螺旋线】对话框。

**03** 输入螺旋线的半径、螺距和圈数。指定原点坐标系后，单击【确定】按钮，退出【螺旋线】对话框，如图 5-40 所示。

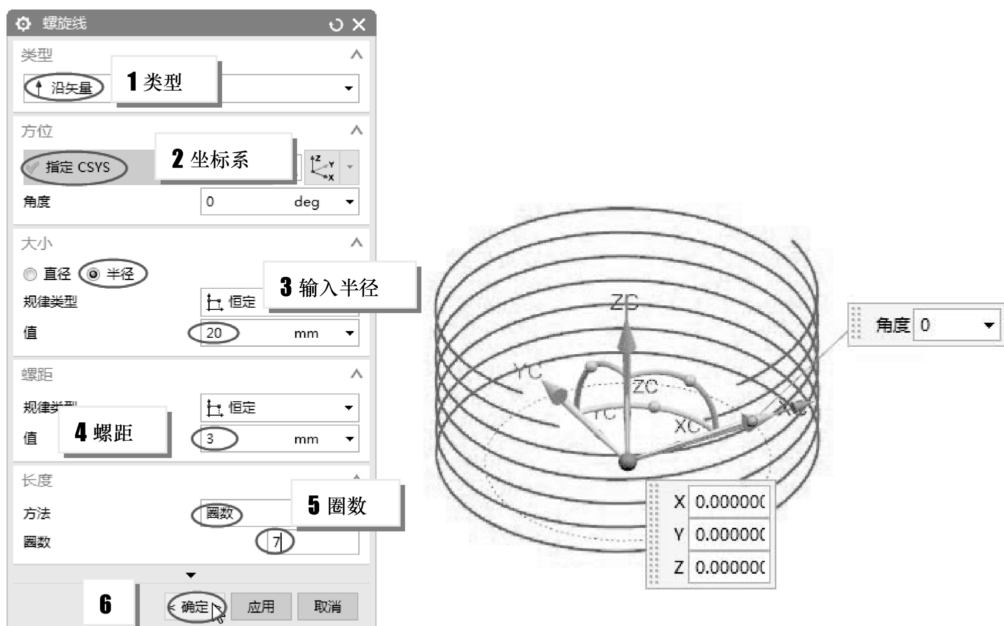



图 5-40　螺旋线

| 技巧点拨 | 如果需要定义任意方位的螺旋线，可以事先设置好工作坐标系。或者单击【定义方位】按钮，进入【指定方位】对话框，确定螺旋线的 Z 轴、起始点、原点。 |
| --- | --- |

5. 文本

【文本】可通过读取文本字符串（指定的字体）产生作为字符轮廓的线条和样条，并由此生成文字几何体特征。

在【曲线】组中单击【文本】按钮A，弹出【文本】对话框，如图5-41所示。文本可以创建在平面、曲线或曲面上。创建文本需要指定文本起点，该点也是确定字体在平面、曲线或曲面上的放置点（也称锚点）。在【文本属性】的文本框内可以输入中文或其他多国语言，并可设置字体的样式。例如，创建【UG NX】的文本，在输入文本、设置字体样式、指定锚点、设置文字尺寸后，单击【确定】按钮，即可完成文本几何体的创建，如图5-42所示。

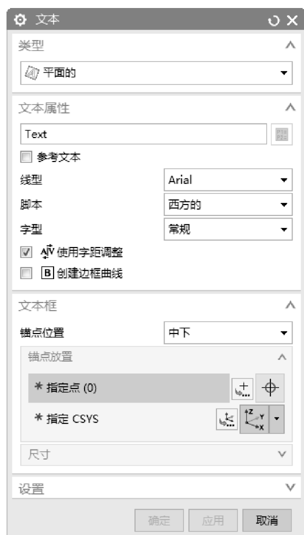


图5-41 【文本】对话框

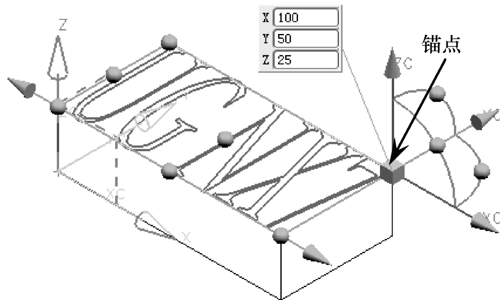


图5-42 在平面上创建文本



### 5.1.4 曲线编辑

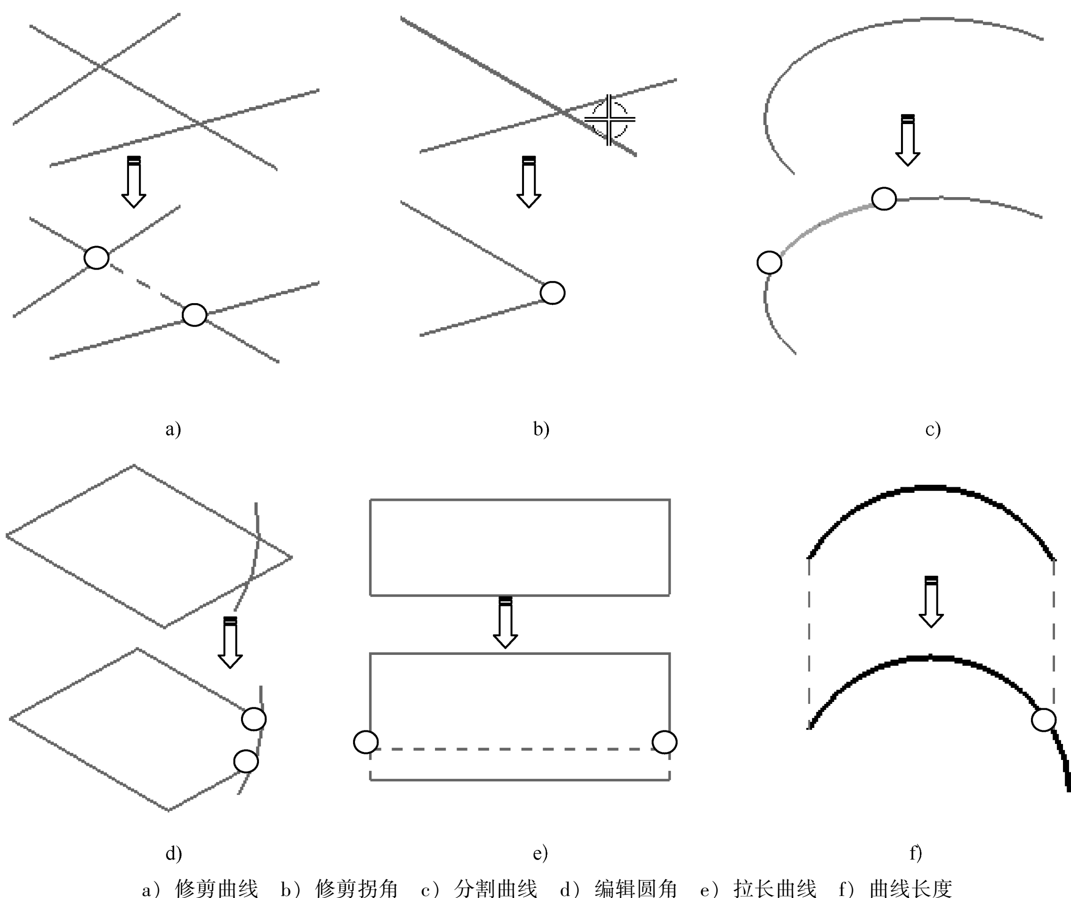
构建基本曲线后，可使用UG提供的曲线编辑工具对构建的曲线进行曲线参数编辑、修剪曲线、修剪拐角、分割曲线、编辑圆角、拉长曲线、曲线长度及光顺样条等操作。【编辑曲线】组如图5-43所示。



图5-43 【编辑曲线】组

【编辑曲线】组中部分常用的工具含义及图解如下。

- 修剪曲线：【修剪曲线】以一个或多个边界对象来修剪曲线，如图 5-44a 所示。
- 修剪拐角：【修剪拐角】可修剪两条曲线至它们的交点，并形成拐角，如图 5-44b 所示。
- 分割曲线：【分割曲线】可将一曲线分割成多段，如图 5-44c 所示。
- 编辑圆角：【编辑圆角】可编辑带有圆角的曲线，如图 5-44d 所示。
- 拉长曲线：【拉长曲线】可在拉长或收缩选定的曲线时移动几何对象，如图 5-44e 所示。
- 曲线长度（圆弧长）：可编辑曲线的长度，如图 5-44f 所示。
- 光顺样条：【光顺样条】可编辑样条曲线的曲率，使其更加光顺。




a）修剪曲线　b）修剪拐角　c）分割曲线　d）编辑圆角　e）拉长曲线　f）曲线长度

图 5-44　常用的几种曲线编辑工具

## 5.2　曲面设计

下面介绍的几个 UG 中最基本的曲面构建命令，它们是产品设计中应用得较多的工具，我们要熟练掌握这些基本曲面造型技能。

###  5.2.1 直纹面

直纹面是指利用两条截面线串生成的曲面或实体。截面线串可以由单个或多个对象组成，每个对象可以是曲线、实体边界或实体表面等几何体。

在【曲面】组中单击【直纹】按钮，弹出【直纹】对话框，如图5-45所示。

在【直纹】对话框中用户需选择两条截面线串以创建特征，所选取的对象可为多重或单一曲线、片体边界、实体表面。若为多重线段，则程序会根据所选取的起始弧及起始弧的位置来定义向量方向，并会按所选取的顺序产生片体。若所选取的截面曲线为开放曲线，则生成曲面；若截面曲线均为闭合曲线，则产生实体，如图5-46所示。






图5-45 【直纹】对话框

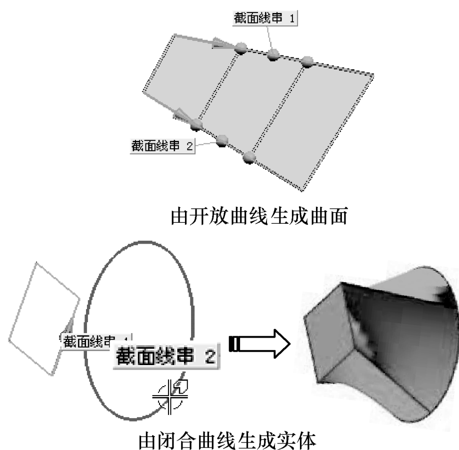





图5-46 两种曲线形式创建直纹曲面

## 上机操作——创建直纹面

本实例操作主要是练习直纹面的参数与点对齐设置，设计出钻石的造型，如图5-47所示。钻石由3部分组成，包括上多面体、拉伸面、下多面体。需要使用两次直纹面命令和一次拉伸命令，具体步骤如下。

**01** 单击菜单栏中【插入】|【曲线】|【多边形】按钮，弹出【多边形】对话框。

**02** 输入多边形的侧面边数为8，单击【确定】按钮，如图5-48所示。

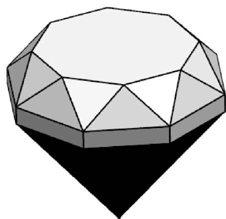


图5-47 钻石

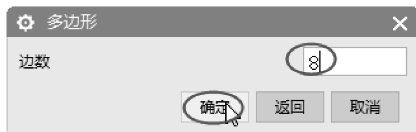



图5-48 【多边形】对话框

**03** 弹出【多边形】创建方式对话框，单击【外接圆半径】按钮，弹出【多边形】尺寸设置对话框，创建第一个8边形，如图5-49所示。

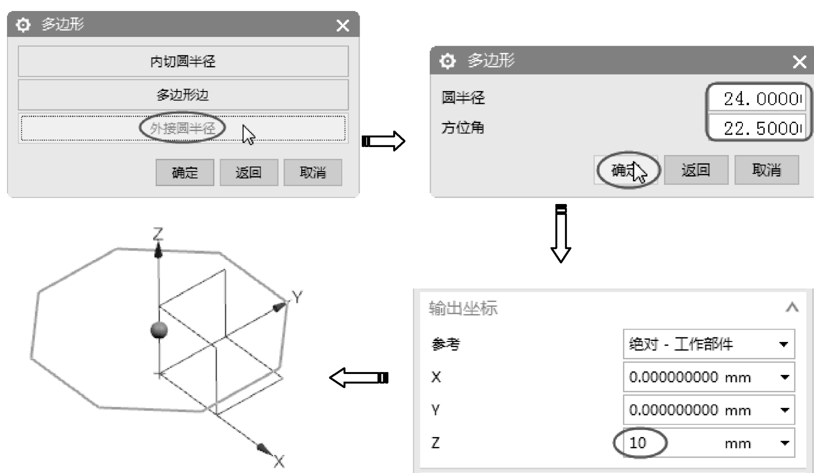



图 5-49　创建第一个 8 边形

**04**　然后创建出第二个 8 边形，如图 5-50 所示。

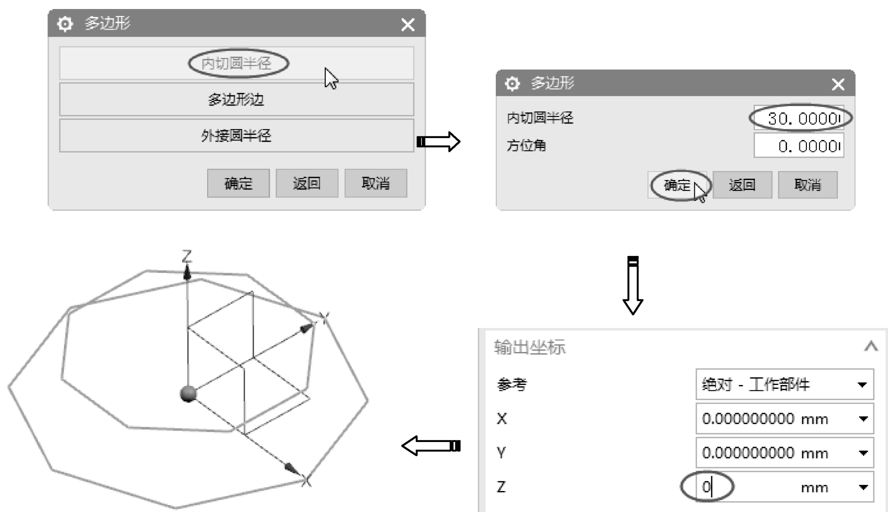



图 5-50　创建第二个 8 边形

**05**　在【曲面】选项卡中单击【直纹】按钮，弹出【直纹】对话框。移动光标到绘图区，选择截面线串 1，操作过程如图 5-51 所示。在截面线串 2 组单击【选择曲线】按钮，或者按下中间键，选择截面线串 2。

**06**　在【对齐】选项区【对齐】下拉列表中选择【根据点】选项，单击【指定点】按钮，在直线中间增加点，创建新的直纹边缘，并拖动点使一个面均匀划分为两个三角形面，依次完成 7 个点，操作过程如图 5-52 所示。

**07**　单击【确定】按钮，退出【直纹】对话框。

**08**　单击【拉伸】按钮，弹出【拉伸】对话框。选择曲线规则为【面的边缘】，选择底部面作为拉伸的对象。在【距离】数值框输入拉伸高度为 6，操作步骤如图 5-53 所示。单击【确定】按钮，退出【拉伸】对话框。



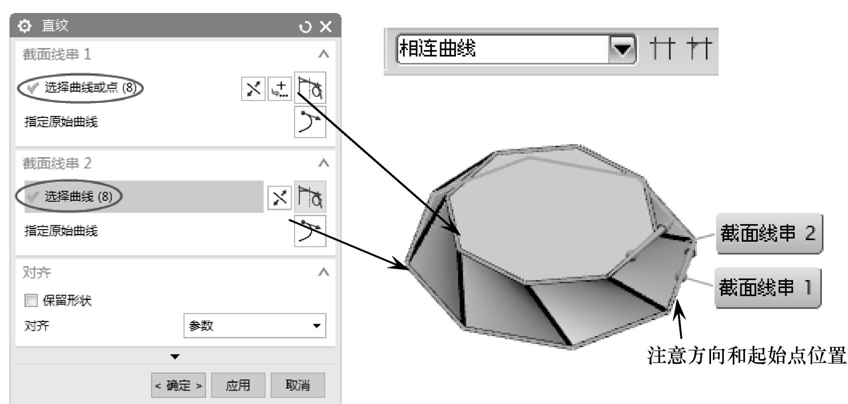



图 5-51　选择曲线

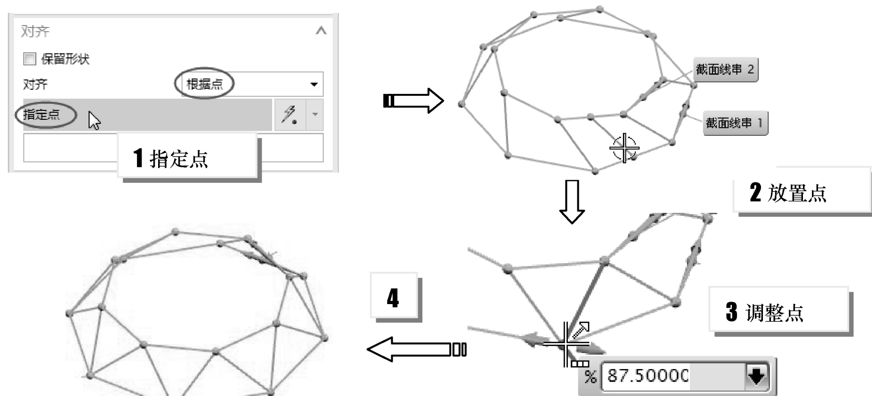



图 5-52　调整点

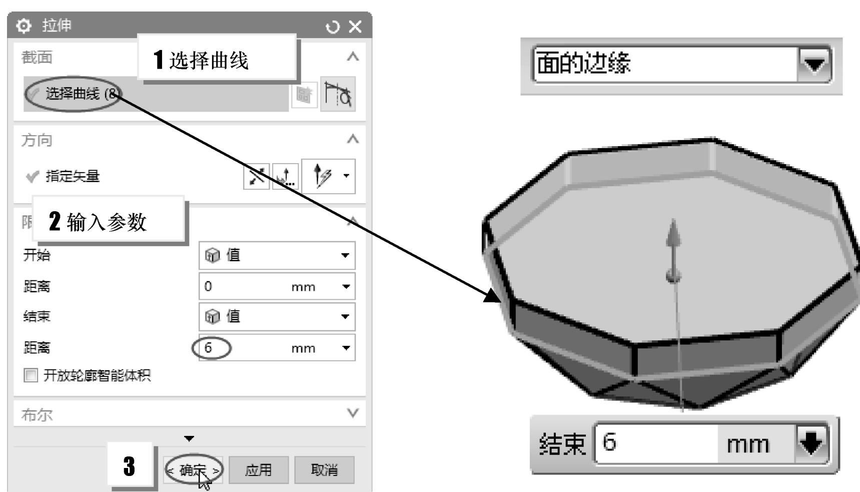



图 5-53　创建拉伸特征

**09** 在菜单栏中执行【插入】|【基准/点】|【点】命令，弹出【点】对话框，在 X＝0、Y＝0、Z＝－50 坐标处创建一点。

**10** 单击【直纹】按钮，弹出【直纹】对话框，移动光标到绘图区，选择截面线串

1 为点，选择截面线串 2 为底部面边缘，单击【确定】按钮，退出【直纹】对话框，操作过程如图 5-54 所示。

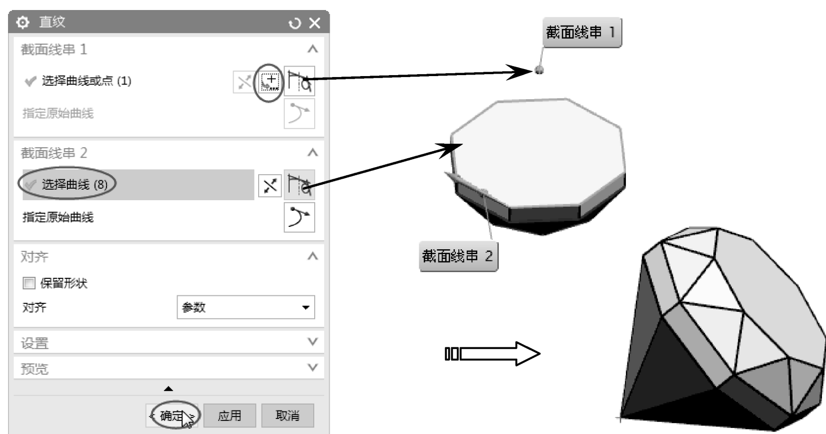



图 5-54　创建钻石

**11**　单击【合并】按钮，弹出【合并】对话框。单击任意实体为目标，单击【选择体】按钮，选择其他实体为刀具。单击【确定】按钮，退出【合并】对话框。



## 5.2.2　通过曲线组

【通过曲线组】方法是指通过一系列轮廓曲线（大致在同一方向）建立曲面或实体。轮廓曲线又叫截面线串。通过曲线组生成的特征与截面线串相关联，当截面线串编辑修改后，特征会自动更新。

在【曲面】组中单击【通过曲线组】按钮，弹出【通过曲线组】对话框，如图 5-55 所示。通过曲线组构建的曲面示例如图 5-56 所示。




图 5-55　【通过曲线组】对话框

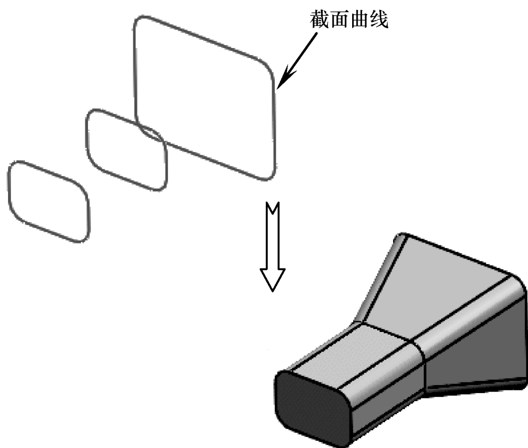



图 5-56　由曲线组构建曲面

【通过曲线组】方式与【直纹面】方法类似，区别在于【直纹面】只适用于两条截面线串，并且两条截面线串之间总是相连的。而【通过曲线组】最多允许使用 150 条截

面线串。

| 技巧点拨 | 在选择截面线串时，截面曲线的矢量方向应保持一致。因此光标在选择曲线时应注意选择位置，若相反，则会使曲面发生扭曲变形。 |
|---|---|

## 上机操作——通过曲线组构建曲面

沐浴露瓶的设计效果如图 5-57 所示，这里我们仅仅完成瓶身部分造型。



图 5-57　沐浴露瓶

**01** 打开本例源文件【ex5 - 1. prt】。

**02** 在【曲面】组中单击【通过曲线组】按钮，弹出【通过曲线组】对话框。

**03** 按信息提示先选择椭圆 1 作为第一个截面，如图 5-58 所示。接着单击【添加新集】按钮，按信息提示选择椭圆 2 作为第二个截面，如图 5-59 所示。

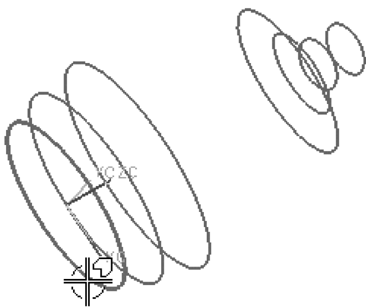


图 5-58　选择第一个截面

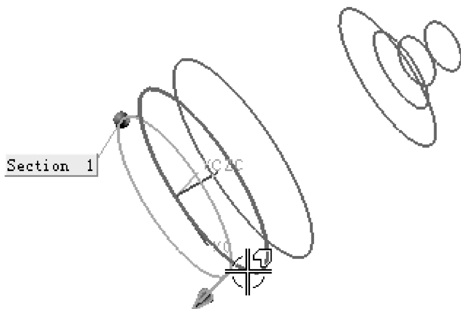



图 5-59　选择第二个截面

**04** 同理，继续以【添加新集】的方式添加其余椭圆为截面（椭圆 7 不作添加），且必须保证截面的生成方向始终一致，如图 5-60 所示。

**05** 保留对话框其余选项的默认设置，单击【应用】按钮，完成实体 1 的创建。

**06** 在【特征】组中单击【圆柱】按钮，弹出【圆柱】对话框。在对话框中选择【轴、直径和高度】类型，接着按信息提示在图形区中选择 ZC 方向上的矢量轴，激活【指定点】命令，再选择如图 5-61 所示的截面圆圆心作为参考点。

**07** 在对话框的【尺寸】选项区中设置圆柱直径为 30，高度为 20，单击【确定】按钮，完成圆柱的创建，如图 5-62 所示。

**08** 使用【合并】工具，将实体 1 和圆柱体合并，得到的整体即是瓶身主体。

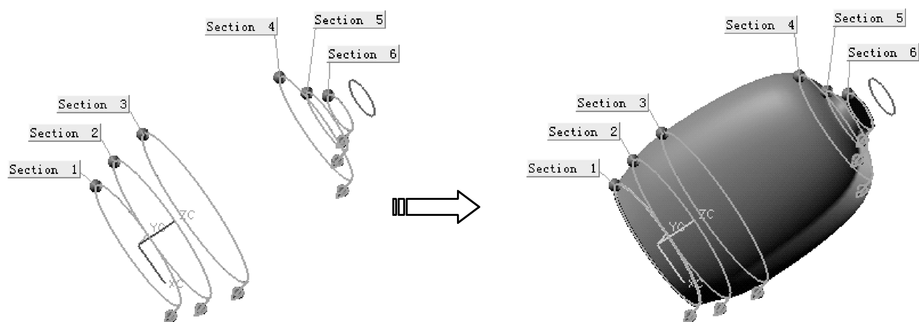


图 5-60　添加其余截面

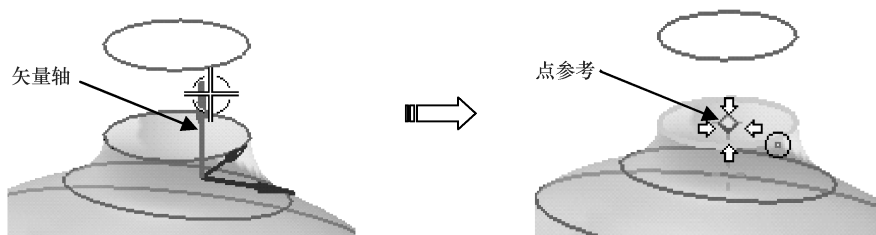


图 5-61　选择圆柱轴的矢量和点参考

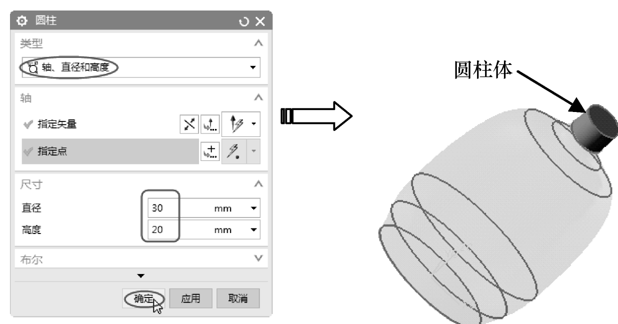


图 5-62　完成圆柱的创建

**09**　在上边框条【实用工具】组的 WCS 下拉菜单中单击【WCS 定向】按钮，接着在图形区中选中 XC 方向的手柄，并在弹出的浮动文本框内输入距离值为 40，按下【Enter】键，工作坐标系向 XC 正方向平移。在图形区中选中 ZC 方向的手柄，并在弹出的浮动文本框内输入距离值为 106，按下【Enter】键，工作坐标系向 ZC 正方向平移，如图 5-63 所示。

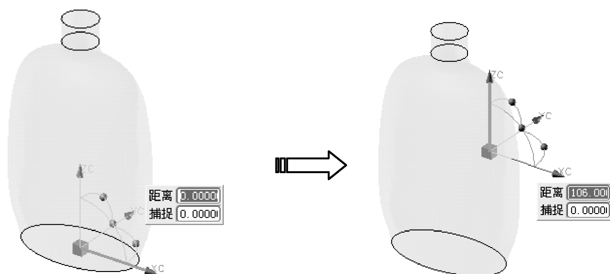


图 5-63　平移工作坐标系

**10** 选中YC-ZC平面上的旋转柄，然后在浮动文本框内输入角度值为90，按下【Enter】键，工作坐标系绕XC轴旋转，如图5-64所示。

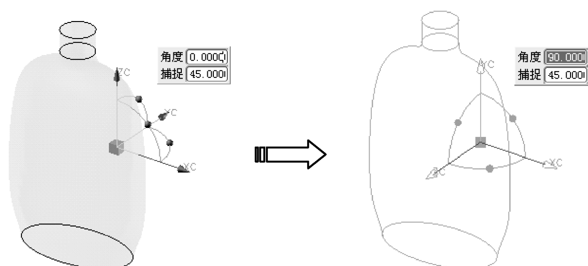



图5-64 旋转工作坐标系

**11** 在【曲线】组中单击【椭圆】按钮，弹出【点】对话框。在该对话框中设置椭圆圆心坐标值为【XC=0、YC=0、ZC=0】，单击【确定】按钮，弹出【椭圆】对话框。

**12** 在【椭圆】对话框中输入【长半轴】的值为16，【短半轴】的值为40。保留其余参数的默认值，然后单击【确定】按钮，创建出椭圆，如图5-65所示。

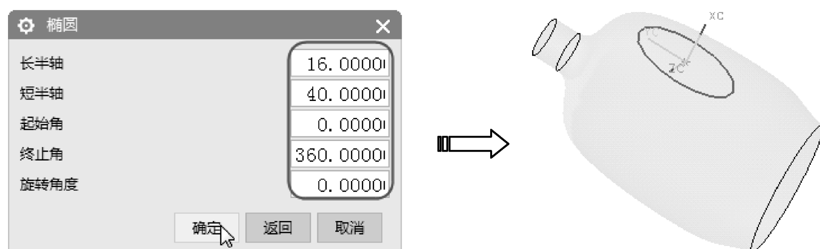



图5-65 创建出第1个椭圆

**13** 单击【椭圆】对话框中【返回】按钮，返回至【点】对话框中。在【点】对话框中输入第2个椭圆的圆心坐标值为【XC=－4、YC=0、ZC=40】，然后单击【确定】按钮。

**14** 随后弹出【椭圆】对话框。在对话框中输入第2个椭圆的参数值：【长半轴】值为22，【短半轴】值为55。完成后单击【确定】按钮，在图形区中创建出椭圆，如图5-66所示。

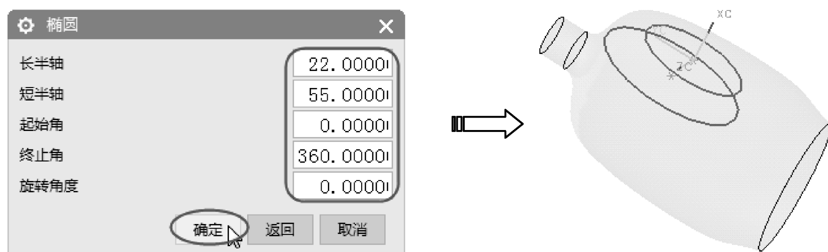
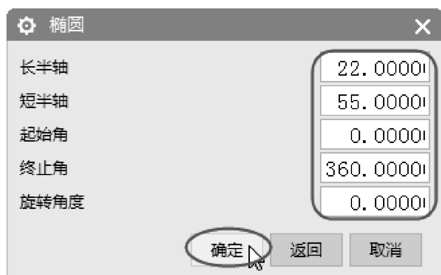



图5-66 创建出第2个椭圆

**15** 同理，第3个椭圆的圆心坐标值为【XC=－4、YC=0、ZC=－40】。然后在【椭圆】对话框中输入椭圆参数值：【长半轴】值为22，【短半轴】值为55。完成后单

击【确定】按钮，在图形区中创建出椭圆，如图 5-67 所示。



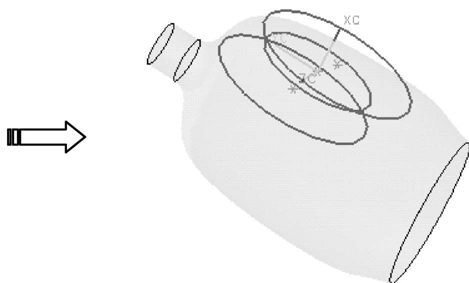



图 5-67 创建出第 3 个椭圆

**16** 在【曲面】组中单击【通过曲线组】按钮，弹出【通过曲线组】对话框。

**17** 以【添加新集】的方式选择和添加椭圆 3、椭圆 1 和椭圆 2 作为截面 1、截面 2 和截面 3，如图 5-68 所示。

**18** 保留对话框中其余选项的默认设置，单击对话框中【确定】按钮，完成实体特征的创建，如图 5-69 所示。

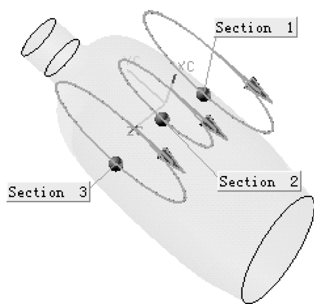



图 5-68 选择并添加 3 个截面

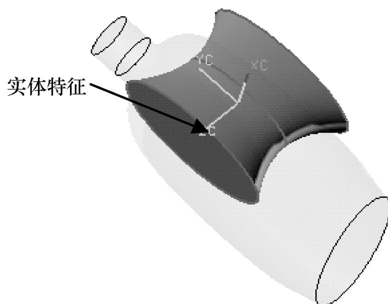



图 5-69 创建的实体特征

**19** 使用【减去】工具，以瓶身主体作为目标体，实体特征为刀具体，创建出手把形状，如图 5-70 所示。

**20** 将工作坐标系设为绝对坐标系。即在【WCS 定向】对话框中选择【绝对 CSYS】类型。

**21** 使用【椭圆】工具，以绝对坐标系的原点作为椭圆的圆心，椭圆的【长半轴】为 47.5，【短半轴】为 25，创建出如图 5-71 所示的椭圆。

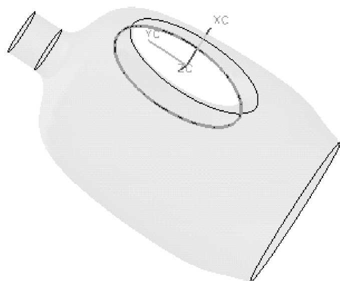


图 5-70 创建手把形状

**22** 在菜单栏中执行【编辑】|【曲线】|【分割曲线】命令，弹出【分割曲线】对话框。在此对话框中选择【等分段】类型，然后选择上步骤创建的椭圆作为要分割的对象。单击【确定】按钮，椭圆被分割成两段，如图 5-72 所示。

**23** 在菜单栏中执行【插入】|【曲线】|【直线和圆弧】|【圆弧（点－点－点）】命令，弹出【圆弧（点…】对话框和浮动文本框。

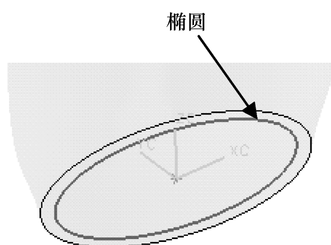






图 5-71　创建的椭圆　　　　图 5-72　分割椭圆

**24** 按信息提示选择椭圆的两个分割点作为圆弧的起点和终点，然后在浮动文本框中输入圆弧的中点坐标参数【XC＝0、YC＝0、ZC＝5】，最后单击鼠标中键，完成圆弧的创建，如图 5-73 所示。

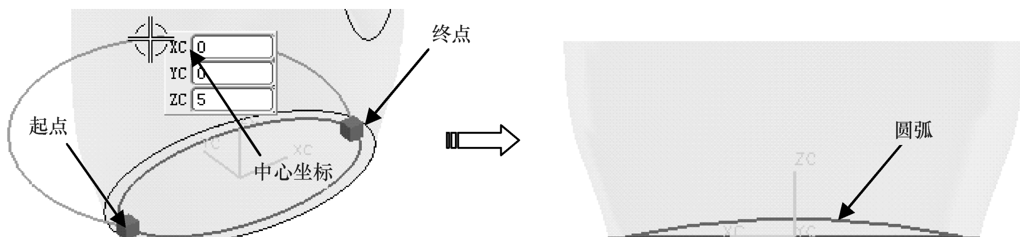



图 5-73　创建圆弧

**25** 在【曲面】组中单击【通过曲线组】按钮，打开【通过曲线组】对话框。以【添加新集】的方式选择 3 段弧作为截面 1、2、3，保留对话框中其余选项默认设置，单击【确定】按钮，完成曲面的创建，如图 5-74 所示。

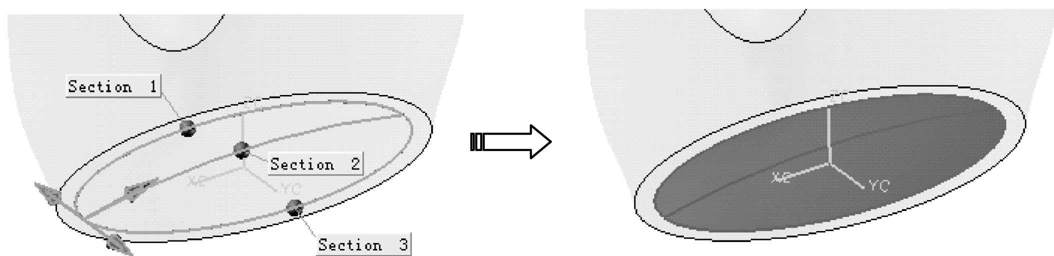



图 5-74　选择截面并创建出曲面

**26** 在【特征】组中单击【修剪体】按钮，弹出【修剪体】对话框。按信息提示选择瓶身主体作为目标体，再选择上步骤创建的曲面作为刀具面，保留默认的修剪方向，单击【确定】按钮，完成修剪体操作，如图 5-75 所示。

**27** 使用【特征】组中【边倒圆】工具，选择手把位置上的左右两条边进行倒圆，圆角值为 1，如图 5-76 所示。

**28** 选择底座形状上的内、外边进行倒圆，圆角值为 2.5，如图 5-77 所示。




图 5-75　修剪瓶身主体创建底座形状特征

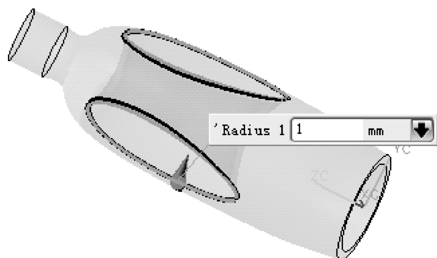



图 5-76　对手把边进行倒圆

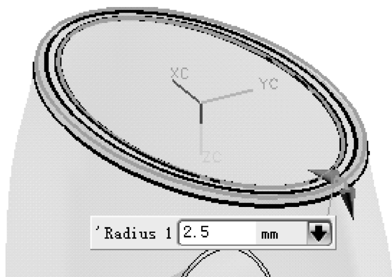



图 5-77　对底座特征进行倒圆

**29**　单击【特征】组中【抽壳】按钮，弹出【抽壳】对话框。在此对话框中选择【移除面，然后抽壳】类型，接着按信息提示选择瓶口端面作为要移除的面，在对话框中设置抽壳厚度值为 1.5，单击【确定】按钮，完成抽壳操作，如图 5-78 所示。

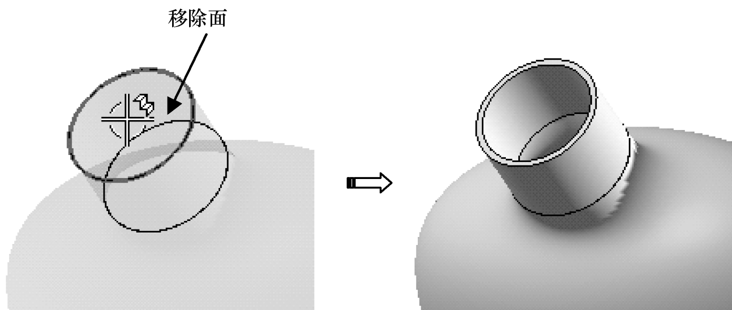



图 5-78　完成瓶身主体的抽壳

| 技巧点拨 | 瓶口螺纹特征属于外螺纹，而 UG 提供的螺纹创建工具只能创建内螺纹特征，因此瓶口螺纹特征需使用【螺旋线】工具、【草图】工具和【扫掠】工具来共同完成。 |
| --- | --- |

**30**　在【特征】组中单击【拉伸】按钮，弹出【拉伸】对话框。按信息提示选择瓶口处的一条边作为拉伸截面，如图 5-79 所示。

**31**　在对话框中设置如下参数：选择拉伸矢量为 ZC 轴，输入起始距离为 0、拉伸结束为 2，选择【求和】选项，在【偏置】选项区中选择【两侧】选项，并输入偏置的开始值为 0，结束值为 3，如图 5-80 所示。

**32**　单击【确定】按钮，完成拉伸特征的创建，如图 5-81 所示。



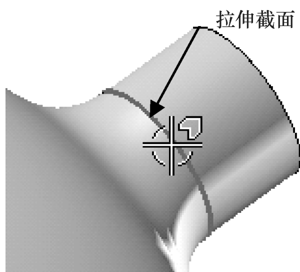



图 5-79　选择拉伸截面



图 5-80　设置拉伸参数

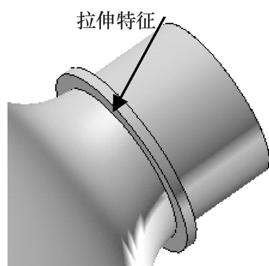



图 5-81　创建拉伸特征

**33**　此时完成了沐浴露瓶的造型。



### 5.2.3　通过曲线网格

【通过曲线网格】可通过一个方向的截面曲线和另一方向的引导线创建体，此时直纹形状匹配曲线网格。通常把第一组截面曲线串称为主曲线，把另一方向的引导线串称为交叉曲线。由于没有对齐选项，在生成曲面时主曲线上的尖角不会生成锐边。

在【曲面】组中单击【通过曲线网格】按钮，弹出【通过曲线网格】对话框，如图 5-82 所示。由曲线网格生成的曲面如图 5-83 所示。




图 5-82　【通过曲线网格】对话框

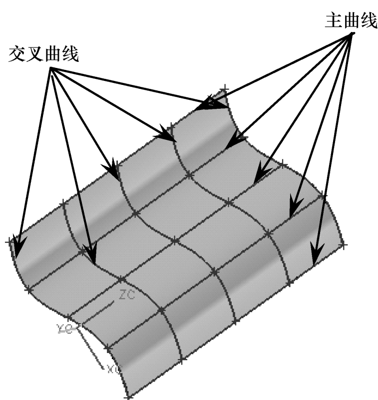



图 5-83　由曲线网格生成的曲面

## 上机操作——通过曲线网格构建曲面

利用【通过曲线网格】命令，创建如图 5-84 所示的花形灯罩曲面。

**01**　打开本例源文件【ex5-2. prt】，如图 5-85 所示。

**02**　单击【通过曲线网格】按钮，打开【通过曲线网格】对话框。

**03**　首先选择主曲线，如图 5-86 所示。

| 技巧点拨 | 每选择一条主曲线，都需要单击【添加新集】按钮进行添加。不要一次性选择多条主曲线，否则不能创建曲面。 |
| --- | --- |

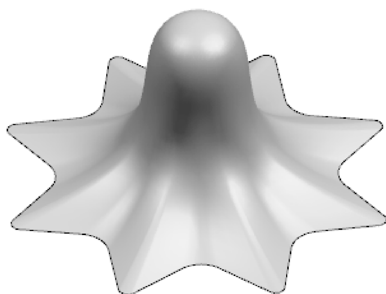


图 5-84 灯罩曲面

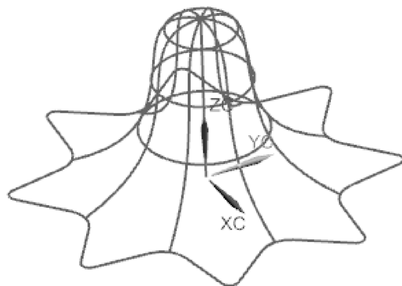



图 5-85 打开灯罩曲线



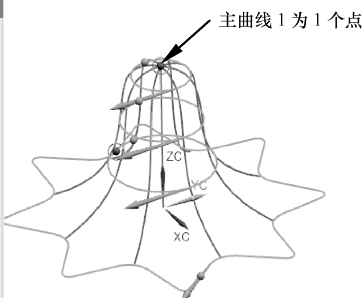




图 5-86 选择主曲线

**04** 在【交叉曲线】选项区中激活【选择曲线】命令，然后选择交叉曲线，如图5-87 所示。

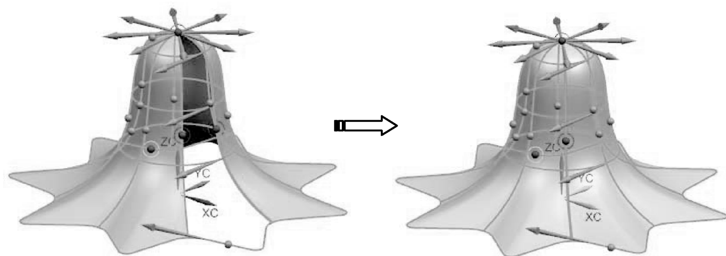


图 5-87 选择交叉曲线

**技巧点拨**

在选择交叉曲线时，一定要将阵列前的原始曲线作为最后的交叉曲线，如果作为交叉曲线 1，则会出现坏面，如图 5-88 所示；如果作为中间的交叉曲线，则会弹出警告信息，如图 5-89 所示（仅限于本例）。

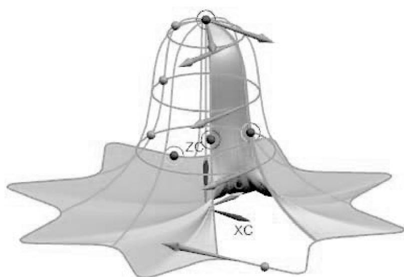


图 5-88 作为交叉曲线 1 的情况




图 5-89 作为中间交叉曲线的情况



**05** 选择中间的直线作为脊线，然后设置体类型为【片体】，如图 5-90 所示。




图 5-90 选择脊线并设置体类型

**06** 单击【确定】按钮，创建网格曲面——灯罩曲面，如图 5-91 所示。

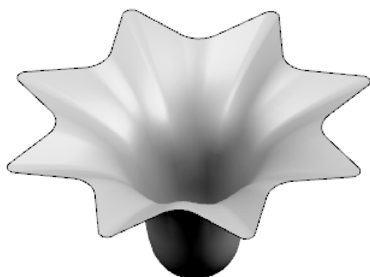


图 5-91 完成灯罩曲面的创建



## 5.2.4 扫掠曲面

【扫掠】是使用轮廓曲线沿空间路径扫掠而生成特征的一种曲面构建方法。其中扫掠路径称为引导线（最多 3 根），轮廓线称为截面线。引导线和截面线均可以由多段曲线组成，但引导线必须一阶导数连续。扫掠方法是所有曲面建模中最复杂、最强大的一种，在工业设计中应用广泛。

在【曲面】组中单击【扫掠】按钮，将弹出【扫掠】对话框，如图 5-92 所示。在该对话框中，用户需要定义截面曲线、引导线和脊线要素，才能创建扫掠特征，如图 5-93 所示。




图 5-92 【扫掠】对话框

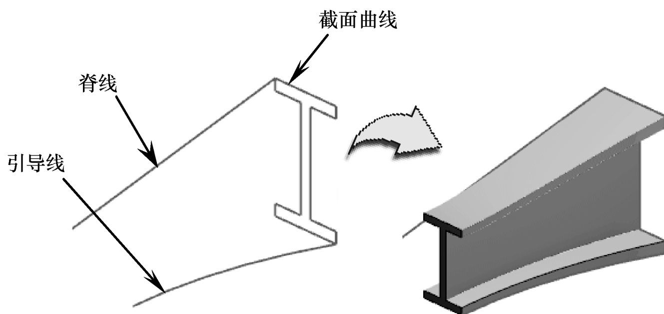



图 5-93 构建扫掠特征的 3 要素

## 上机操作——创建扫掠曲面

本实例操作主要是练习扫掠，设计牙刷柄的造型，如图 5-94 所示。

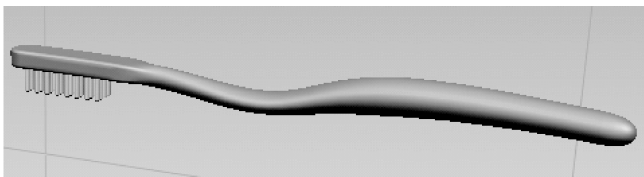


图 5-94　牙刷柄造型

**01** 打开本例源文件【ex3－1. prt】。

**02** 在菜单栏中执行【插入】|【扫掠】|【扫掠】命令，弹出【扫掠】对话框。

**03** 选择截面曲线。每选择一条链后，按下中键（按鼠标中键就是添加新集）。单击引导线【选择曲线】按钮，选择引导曲线。设置截面选项，【插值】为【三次】、【对齐】为【弧长】。单击【确定】按钮，退出【扫掠】对话框，如图 5-95 所示。

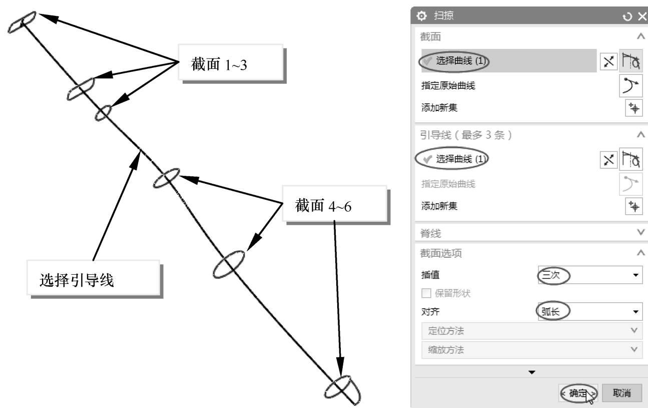



图 5-95　扫掠主体

| 技巧点拨 | 由于牙刷需要光顺，因此采用三次插值，又由于截面曲线段数量不一致，因此采用圆弧长对齐。 |
| --- | --- |

**04** 单击【旋转】按钮，弹出【旋转】对话框。

**05** 先选择半个轮廓曲线作为旋转的对象，再指定轴为中心直线，在限制文本框输入旋转角度 180，最后设置布尔合并，具体的操作步骤如图 5-96 所示。单击【确定】按钮，退出【旋转】对话框。

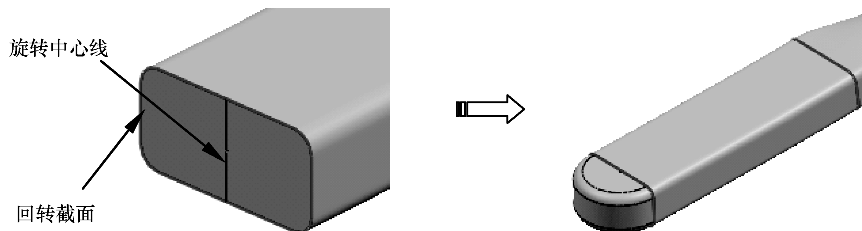



图 5-96　创建旋转实体



**06** 在菜单栏中执行【插入】|【扫掠】|【扫掠】命令，弹出【扫掠】对话框。

**07** 先选择截面曲线为椭圆，单击引导线【选择曲线】按钮，选择两条引导曲线，每选择一条，即按下中键。最后选择脊线为直线（曲线可重复使用），设置截面选项，【插值】为【三次】，【对齐】为【弧长】，单击【确定】按钮，如图5-97所示。

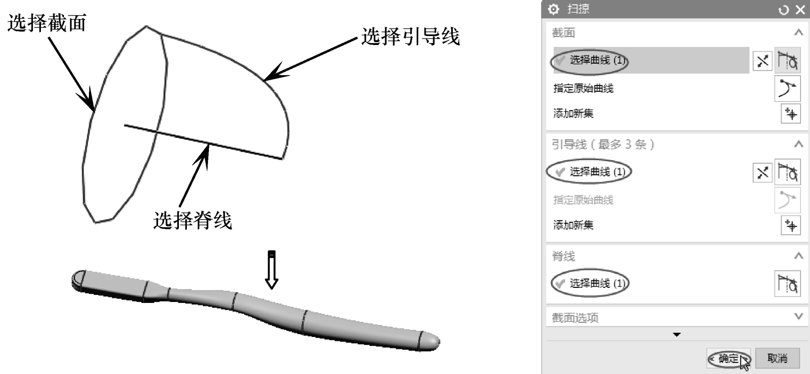



图5-97　扫掠尾部

| 技巧点拨 | 由于扫掠不支持点，所以尾部单独使用一个截面沿两条逐渐缩小的曲线扫掠来完成尾部造型。 |
| --- | --- |

**08** 单击【合并】按钮，弹出【合并】对话框。单击任意实体为目标，选择其他实体为工具，单击【确定】按钮，完成合并。

**09** 最终完成的牙刷柄如图5-98所示。



图5-98　牙刷柄



## 5.2.5　N边曲面

【N边曲面】用于创建一组由端点相连曲线封闭的曲面，并指定其与外部面的连续性。在【曲面】组中单击【N边曲面】按钮，弹出【N边曲面】对话框，如图5-99所示。




图5-99　【N边曲面】对话框

该对话框中包含两种 N 边曲面创建类型：【已修剪】和【三角形】。

- 【已修剪】：创建单个曲面，覆盖选定曲面的开放或封闭环内的整个区域。
- 【三角形】：在选中曲面的闭环内创建一个由单独的、三角形补片构成的曲面，每个补片由每个边和公共中心点之间的三角形区域组成。

图 5-100 所示为填充一组面中的空隙区的不同方式。

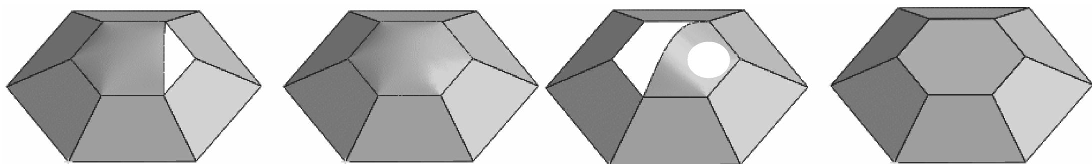


图 5-100 填充一组面中空隙区的几种方式

## 5.3 曲面造型训练——花篮造型

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 花篮造型 . prt
演示视频路径：视频 \ Ch05 \ 花篮造型 . avi

本节的花篮造型，主要应用到【扫掠】、【管道】、【镜像特征】和【阵列】等命令。花篮造型如图 5-101 所示。

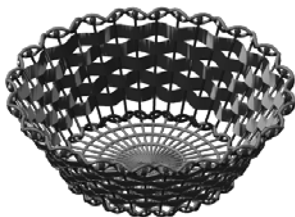


图 5-101 花篮造型

**设计步骤：**

**01** 新建模型文件，并命名为【hualan】。

**02** 单击【草图】按钮，然后选择 XC-YC 基准平面作为草图平面，绘制如图 5-102 所示的同心圆草图。

**03** 利用直接草图命令，在 YC-ZC 基准平面上绘制如图 5-103 所示的草图曲线。

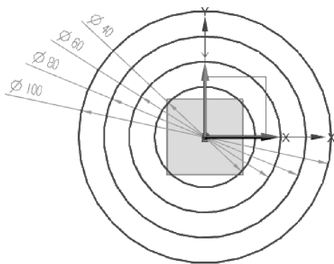



图 5-102 绘制同心圆草图

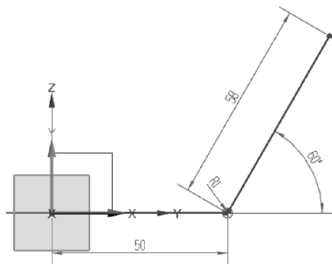



图 5-103 绘制草图

**04** 利用【基准平面】工具，在草图曲线的顶点位置新建基准平面，如图 5-104 所示。

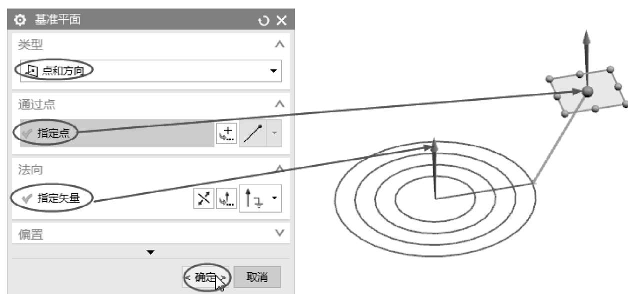



图 5-104　新建基准平面

**05** 在【曲线】组中单击【圆弧/圆】按钮，打开【圆弧/圆】对话框。然后按如图 5-105 所示的步骤，在新基准平面上创建整圆曲线。

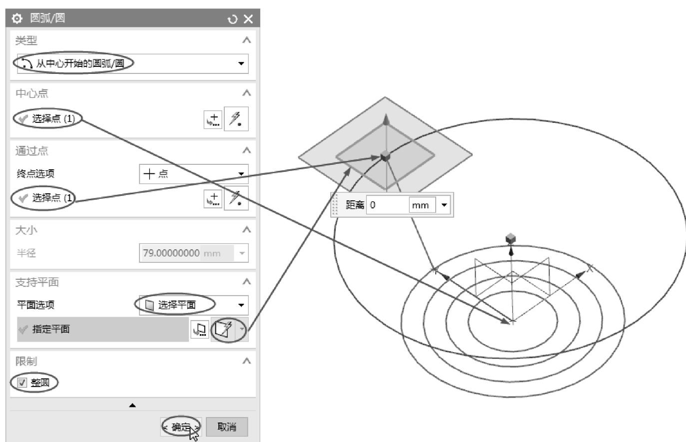



图 5-105　创建整圆曲线

**06** 利用【直线】命令，在新建的基准平面上创建长度为 3 的直线，如图 5-106 所示。

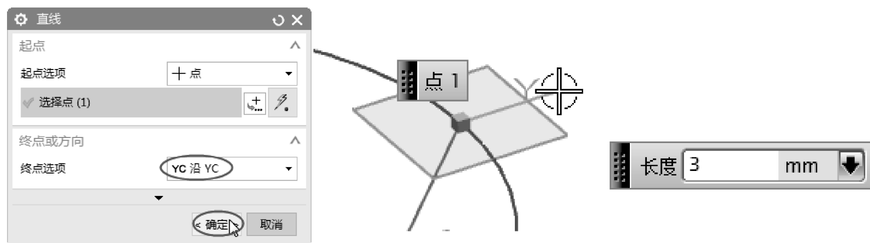



图 5-106　创建直线

**07** 在菜单栏中执行【插入】|【扫掠】|【扫掠】命令，打开【扫掠】对话框。先选择截面曲线（上步骤创建的直线）和引导线（整圆曲线），然后在【截面选项】选项区中设置截面选项，单击【确定】按钮完成扫掠曲面的创建，如图 5-107 所示。

**08** 同理，利用【直线】命令在 XC-YC 基准平面上创建长度为 2 的直线，如图 5-108 所示。

**09** 再使用【扫掠】工具，选择直径为 100 的草图曲线作为引导线，创建出如图 5-109 所示的扫掠曲面。

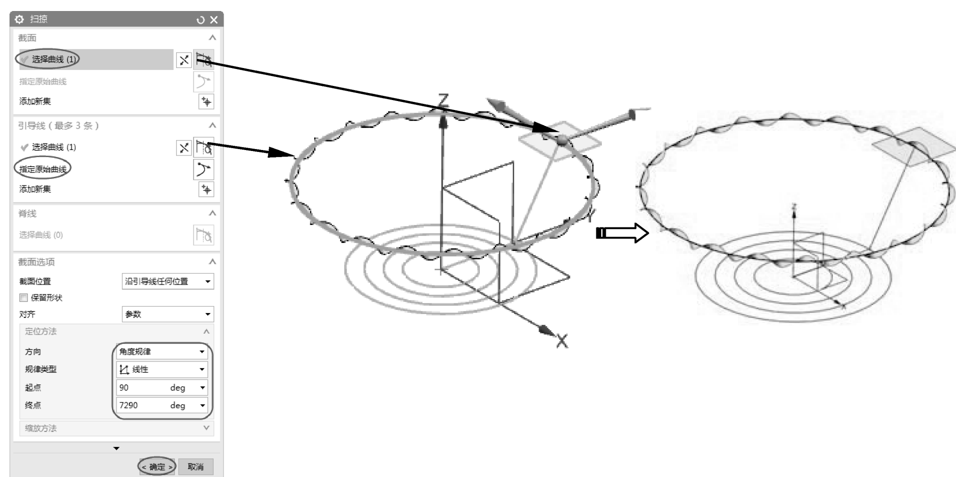



图 5-107　创建扫掠曲面

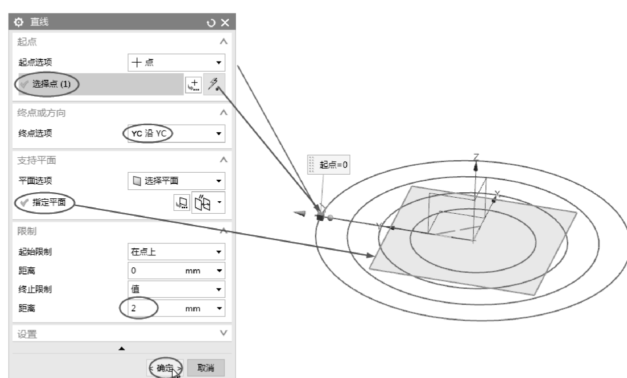



图 5-108　创建直线

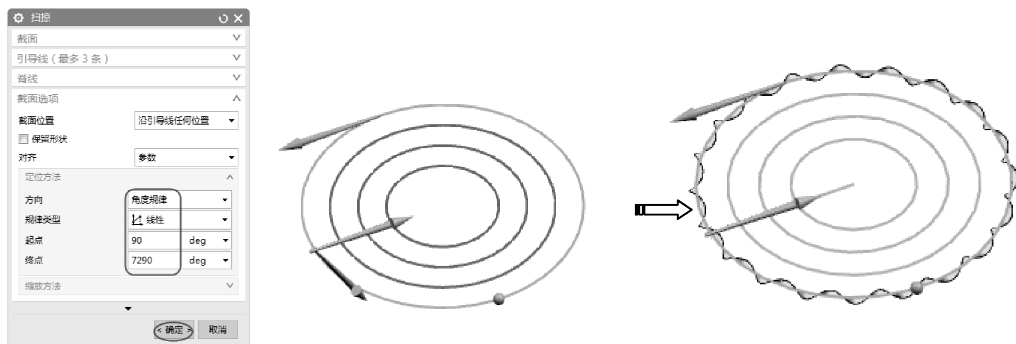



图 5-109　创建扫掠曲面

**10**　在【曲面】组【更多】命令库中单击【管道】按钮 管道，打开【管道】对话框。输入横截面【外径】为 1.5，然后选择单条曲线创建管道，如图 5-110 所示。

| 技巧点拨 | 一次只能创建路径曲线为单条曲线或相切曲线的管道。 |
| --- | --- |



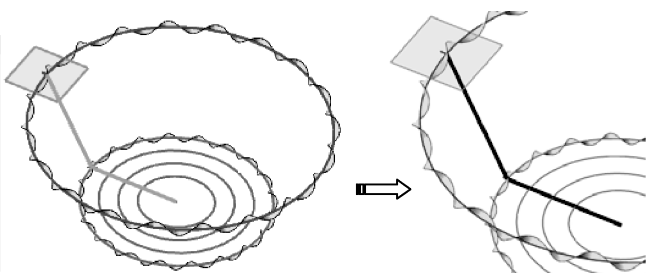



图 5-110　创建管道

**11**　同理，继续创建其余管道特征，结果如图 5-111 所示。

**12**　下面对管道特征进行镜像。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【镜像特征】命令，打开【镜像特征】对话框，选择管道特征进行镜像，如图 5-112 所示。

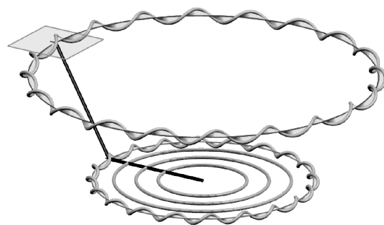


图 5-111　创建其余管道



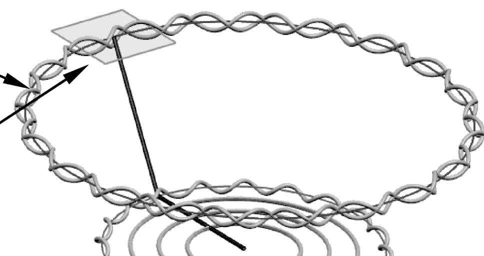



图 5-112　创建镜像特征

**13**　同理，再利用【镜像特征】命令，创建另一管道特征的镜像对象，如图 5-113 所示。

**14**　下面用 UG 的表达式来创建规律曲线，首先建立表达式。在【工具】选项卡【实用程序】组中单击【表达式】按钮，打开【表达式】对话框。

**15**　在对话框下方的【名称】栏输入 t，然后在【公式】栏中输入值 1，单击【接受编辑】按钮，将表达式添加到上面的表达式列表中，如图 5-114 所示。

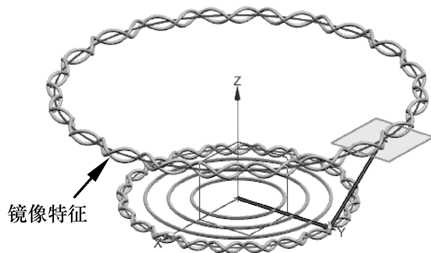



图 5-113　创建镜像特征

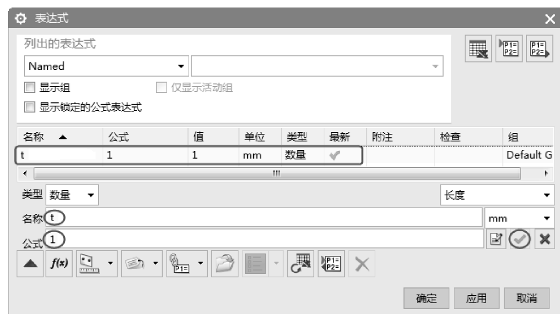



图 5-114　添加表达式

**16**　同理，依次添加其余表达式，添加完成的结果如图 5-115 所示。最后单击【确定】

按钮，关闭【表达式】对话框。

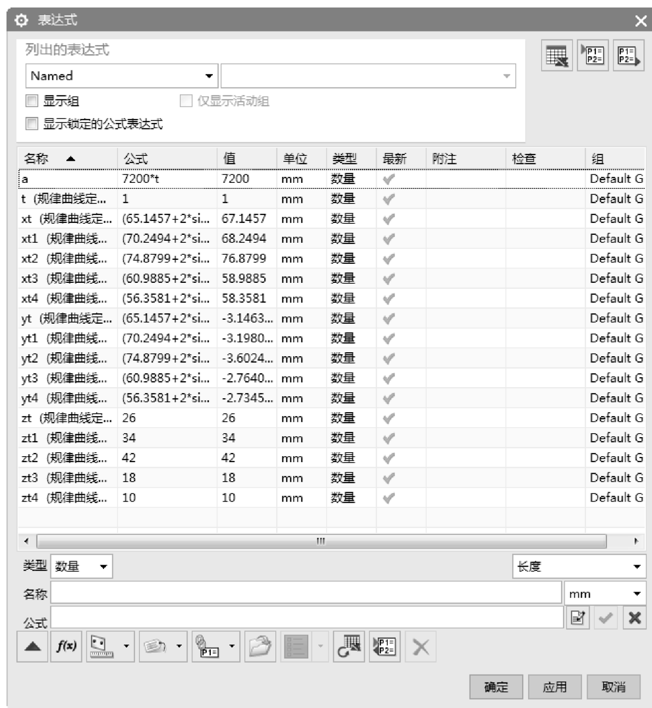



图 5-115　添加完成的表达式

**17** 在菜单栏中执行【插入】|【曲线】|【规律曲线】命令，打开【规律曲线】对话框。保留默认设置，单击【应用】按钮，完成第一条规律曲线的创建，如图 5-116 所示。

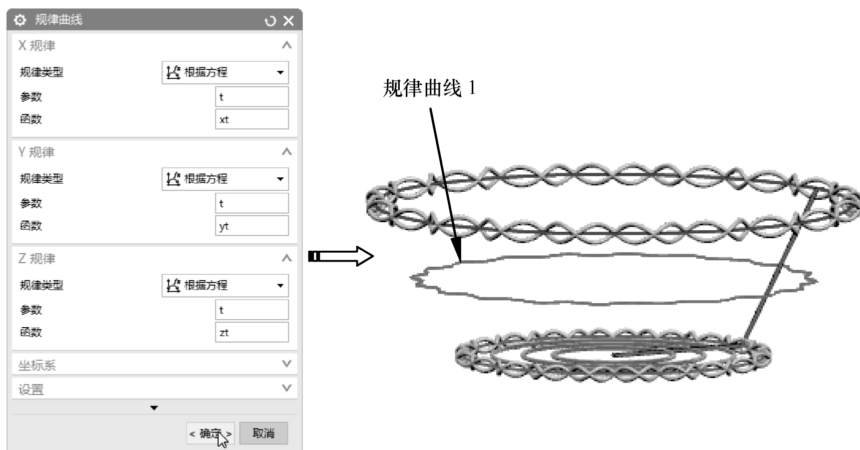



图 5-116　创建第一条规律曲线

**18** 同理，在打开的【规律曲线】对话框中，直接在【函数】文本框 xt、yt、zt 之后分别添加数字 1，即可创建表达式中的 XT1、YT1、ZT1 表达的规律曲线，如图 5-117 所示。

**19** 继续完成其余的规律曲线的创建，结果如图 5-118 所示。



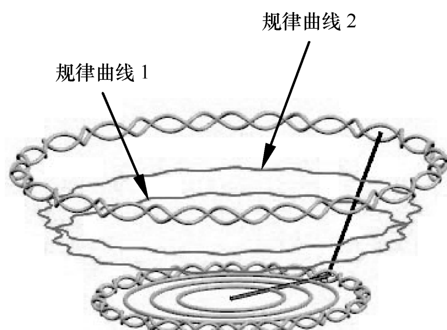




图 5-117　创建第 2 条规律曲线

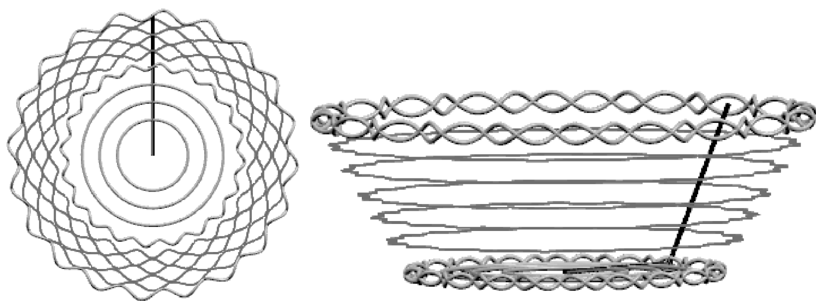


图 5-118　完成其余规律曲线的创建

**20** 利用【草图】命令，在 XC-ZC 平面上绘制如图 5-119 所示的草图。

| 技巧点拨 | 绘制这种倾斜的矩形草图时，可以先在任意位置绘制矩形，然后利用【移动曲线】命令将矩形移动到指定点上，并将矩形旋转 −30°。其余的倾斜矩形，可以按下【Ctrl + C】键复制，按下【Ctrl + V】键粘贴，然后将其移动到指定点，可以事先在规律曲线端点创建点。 |
| --- | --- |

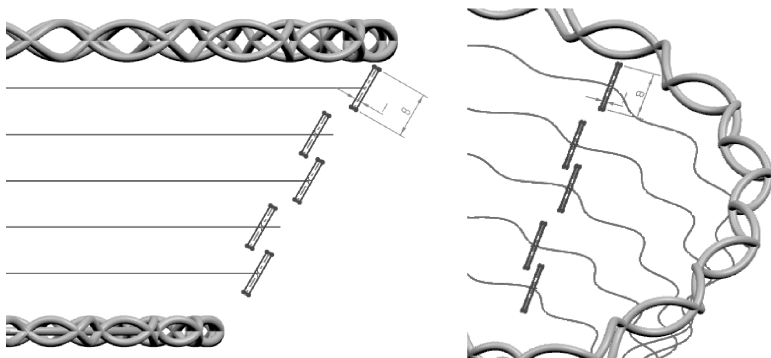


图 5-119　绘制草图

**21** 在【曲面】组中单击【扫掠】按钮，打开【扫掠】对话框，然后创建如图 5-120 所示的扫掠特征。

**22** 按此操作方法，创建其余扫掠特征，结果如图 5-121 所示。

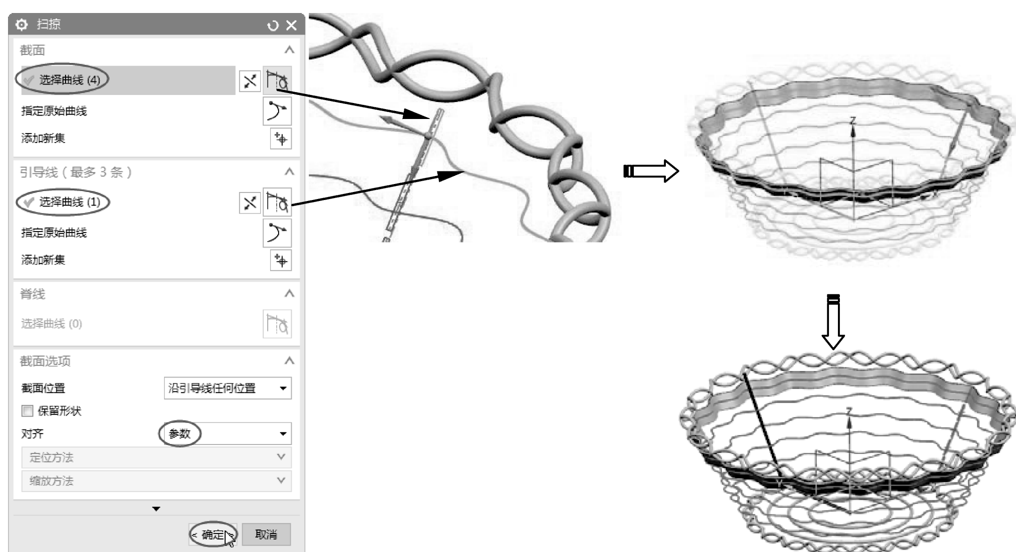



图 5-120　创建扫掠特征

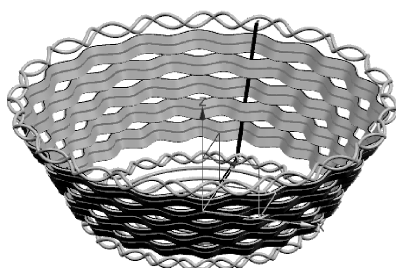


图 5-121　创建完成的扫掠特征

**23**　在菜单栏中执行【插入】|【设计特征】|【球】命令，打开【球】对话框。选择管道截面的中心点作为球体的圆心，设置【直径】为 4，单击【确定】按钮完成创建，如图 5-122 所示。

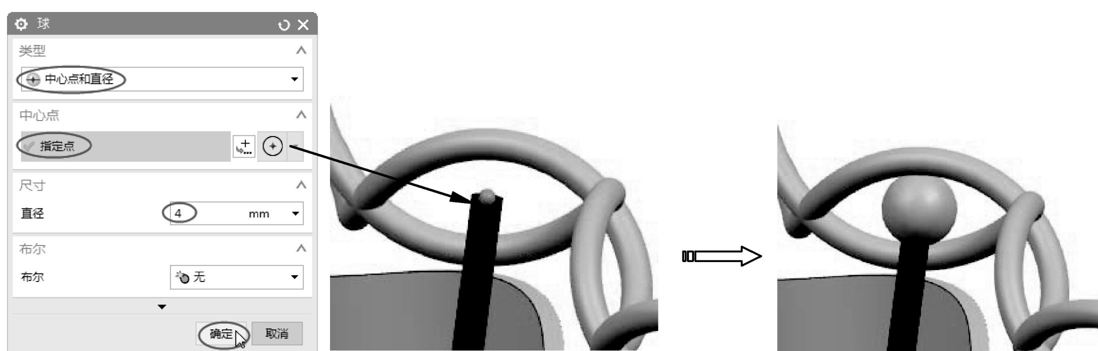



图 5-122　创建球体

**24**　最后进行阵列。在菜单栏中执行【插入】|【关联复制】|【阵列几何特征】命令，打开【阵列几何特征】对话框，按如图 5-123 所示的操作步骤完成管道和球体的阵列操作。



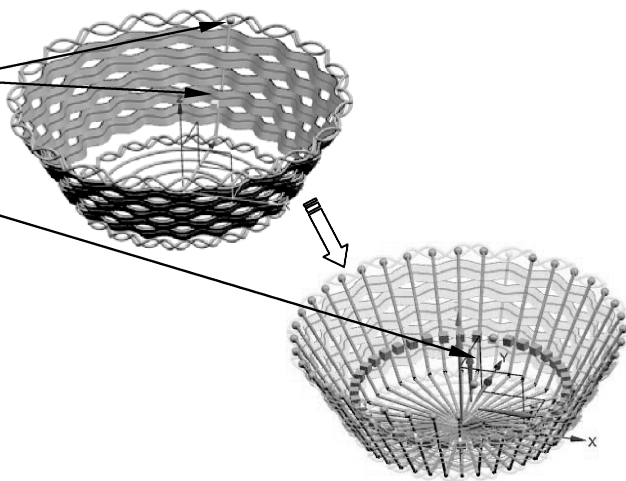



图 5-123　圆形阵列草图曲线

**25**　至此，即完成了花篮的造型设计，如图 5-124 所示。最后将结果保存。

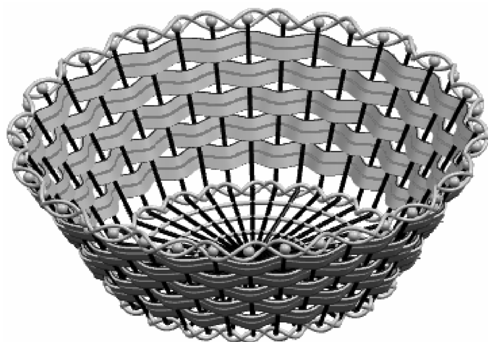


图 5-124　设计完成的花篮

## 5.4　UG 工程师认证试题（五）

**一、选择题**

（1）【桥接】曲面的连续类型不能是________　　（A）

A. 位置　　B. 相切　　C. 曲率

（2）以下哪个选项不是【样式圆角】创建两个曲面壁之间的弯曲圆角的方法。　　（D）

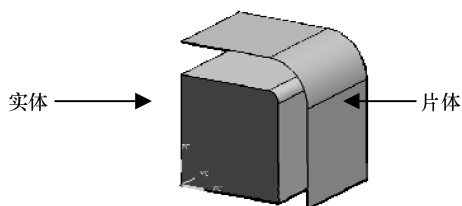
A. 规律　　B. 曲线

C. 轮廓（配置文件）　　D. 曲率

（3）下图中的片体是通过哪个命令一步实现的。　　（B）

A. 偏置面　　B. 偏置曲面

C. 扩大曲面　　D. 抽取曲面




（4）下列关于【偏置曲面】的说法，哪个是正确的。（B）

A. 偏置值只能为正

B. 方向可以取反向

C. 偏置对象只能是实体表面

D. 偏置对象只能是片体

（5）扫描曲面建立中最多可以选择________根轨迹线。（C）

A. 1　　B. 2

C. 3　　D. 4

（6）下列关于曲面论述正确的是________。（A）

A. 一张曲面可能由若干个缀面片构成，缀面片越少越好

B. 通过【通过曲线】建立曲面时，可通过选择对齐点的方法减少缀面片数量，对齐点越多越好

C.【扫描】产生曲面中，当选择了两根轨迹线后，可控制截面扫描时的方向

D.【通过曲线网格】建立曲面时，要求主曲线必须和交叉曲线相交

（7）曲面变成实体的方法是________。（D）

A. 将曲面修剪实体

B. 先将预设置——建模中【体类型】设为【实体】，再将曲面缝合成无间隙的曲面，曲面将自动转化为实体

C. 将平曲面直接拉伸成实体

D. 以上都对

**二、曲面练习**

（1）完成如图 5-125 所示的安全帽的曲面建模：图中两个椭圆的中心重合，且距离底面的高度为 80，抽壳壁厚为 6，外表面周边倒圆为 R5。

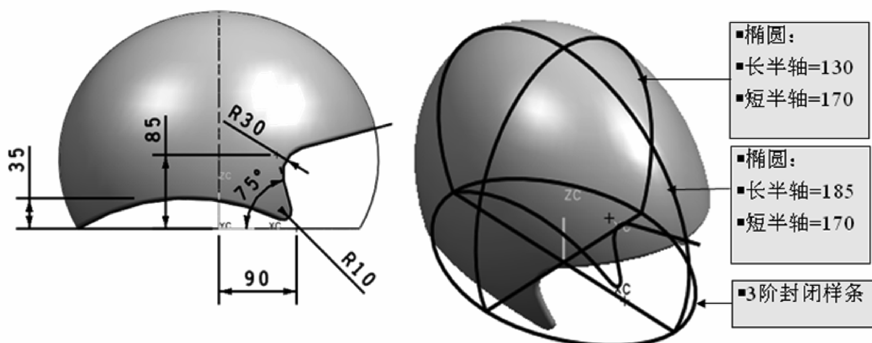



图 5-125　安全帽模型

（2）完成如图 5-126 所示的连接器曲面建模，要求形状保持对称性且表面光顺，抽壳壁厚为 2。

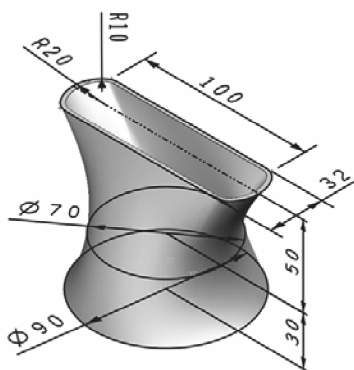



图 5-126　连接器模型

# 第 6 章

# 参数表达式建模



## 本章导读

参数表达式建模方法可利用数学方程式来设计曲线或者驱动特征截面以方程式曲线作为轨迹进行扫描而得到复杂的模型结构。除了表达式建模，本章还介绍用户自定义的模型数据库以及通过表达式进行装配部件间的组装行为。

## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案　例　图 | 描　　述 |
|---|---|
| | 深沟球轴承是用于支承轴的标准部件。利用 UG 参数建模表达公式的功能，改变深沟球轴承的基本参数，并通过特征操作，建立不同的滚动轴承三维模型，从而真正实现滚动轴承的全参数化设计，提高深沟球轴承的设计效率 |
| | 装配体各部件之间的形状和尺寸相互配合，存在一定函数关系的关联性。在 UG 中，部件间表达式（IPE）就是指允许某个部件中的表达式控制或依赖于另一个部件中的表达式 |
| | 使用用户自定义特征（User Defined Feature 缩写 UDF），可以扩展 NX 内置特征的范围和功能。当机械设计人员频繁使用企业内标准化的特征，并想为这些特征建立库时，UDF 是非常有用的 |

# 6.1 特征表达式

表达式是定义一些特征特性的算术或条件公式。可以使用表达式来控制部件特征之间的关系或者装配中部件之间的关系，可以定义、控制模型的诸多尺寸，如特征或草图的尺寸。

##  6.1.1 表达式的基本组成

表达式是定义关系的语句，由两部分组成：左侧为变量名，右侧为组成表达式的字符串，表达式字符串经计算后将值赋予左侧的变量，如图 6-1 所示。

一个表达式等式的右侧可以是含有变量、函数、数字、运算符和符号的组合或常数。用于表达式等式右侧区域的每一个变量，必须作为一个表达式名字出现在某处，如图 6-2 所示。

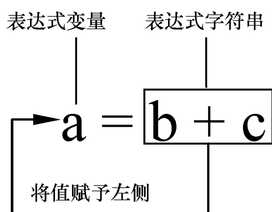


图 6-1 表达式组成结构

Length =5+10*Cos(45)

图 6-2 常见表达式格式

##  6.1.2 表达式的语言

表达式有自己的语法，通常模仿编程语言。下面介绍表达式语言的元素：变量名、运算符、运算符的优先顺序和相关性、机内函数及条件表达。

### 1. 变量名

变量名是字母与数字组成的字符串，但必须以一个字母开始，变量名可含下划线【_】，变量名的长度限制在 32 个字符内。

### 2. 运算符

UG 运算符与其他计算机编程软件程序语言中的运算符相同，包括算数运算符、字符串运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符、赋值运算符等。

（1）算术运算符

算术运算符有一元运算符与二元运算符。由算术运算符与操作数构成的表达式叫算术表达式。

- 一元运算符：－（取负）、＋（取正）、＋＋（增量）、－－（减量）。
- 二元运算符：＋（加）、－（减）、＊（乘）、／（除）、%（求余）。

（2）字符串运算符

字符串运算符只有一个，即【＋】运算符，表示将两个字符串连接起来。例如：

string connec = "abcd" + "ef"

其中，connec 的值为【abcdef】。【＋】运算符还可以将字符型数据与字符串型数据或多个字符型数据连接在一起。

（3）关系运算符

关系运算符用于对两个值进行比较，运算结果为布尔类型 true（真）或 false（假）。常见的关系运算符有：>、<、>=、<=、==、!=。

依次表示大于、小于、大于等于、小于等于、等于、不等于。

用于字符串的关系运算符只有相等【==】与不等【!=】运算符。

（4）逻辑运算符

逻辑运算符用于对几个关系式运算表达式的计算结果进行结合，做出合理的判断。在程序语言编程中，最常用的逻辑运算符是!（非）、&&（与）、||（或）。

例如：

```
bool b1 = ! true;          // b1 的值为 false
bool b2 =5 >3&&1 >2;       // b2 的值为 false
bool b3 =5 >3| |1 >2       // b3 的值为 true
```

（5）条件运算符

条件运算符是编程语言中唯一的三元运算符，条件运算符由符号【?】与【:】组成，通过操作三个操作数完成运算，其一般格式如图 6-3 所示。

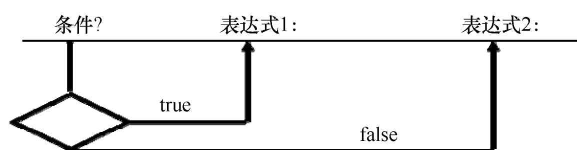



图 6-3　条件运算符的格式

（6）赋值运算

在赋值表达式中，赋值运算符左边的操作数叫左操作数，赋值运算符右边的操作数叫右操作数。左操作数通常是一个变量。

复合赋值运算符包括【*=】【/=】【%=】【+=】【-=】等。

由赋值运算符将一个变量和一个表达式连接起来的式子称为【赋值表达式】。它的一般形式为：

<变量> <赋值运算符> <表达式>

**3. 内置函数**（机内函数）

在 UG 的表达式中允许有内置函数，常见的内置函数见表 6-1。

**表 6-1　UG 表达式中常见内置函数**

| 函数名 | 函数表示 | 函数意义 | 备注 |
|---|---|---|---|
| sin | sin（x/y） | 正弦函数 | x 为角度函数 |
| cos | cos（x/y） | 余弦函数 | x 为角度函数 |
| tan | tan（x/y） | 正切函数 | x 为角度函数 |
| sinh | sinh（x/y） | 双曲正弦函数 | x 为角度函数 |
| cosh | cosh（x/y） | 双曲余弦函数 | x 为角度函数 |
| tanh | tanh（x/y） | 双曲正切函数 | x 为角度函数 |
| abs | abs（x）= | 绝对值函数 | 结果为弧度 |
| asin | asin（x/y） | 反正弦函数 | 结果为弧度 |
| acos | acos（x/y） | 反余弦函数 | 结果为弧度 |
| atan | atan（x/y） | 反正切函数 | 结果为弧度 |
| atan2 | atan2（x/y） | 反余切函数 | atan（x/y）结果为弧度 |
| log | log（x） | 自然对数 | log（x）=ln（x） |

（续）

| 函　数　名 | 函 数 表 示 | 函 数 意 义 | 备　　注 |
|---|---|---|---|
| log10 | log10（x） | 常用对数 | log10（x）　= lgx |
| exp | exp（x） | 指数 | ex |
| fact | fact（x） | 阶乘 | x! |
| sqrt | sqrt（x） | 平方根 | |
| hypot | hypot（x，y） | 直角三角形斜边 | = sqrt（x + y） |
| ceiling | ceiling（x） | 大于或等于 x 的最小整数 | |
| floor | floor（x） | 小于或等于 x 的最大整数 | |
| pi | Pi（） | 圆周率 π | 3. 14159265358 |

#### 4. 在表达式中应用注释

利用注释可以起到提示作用，说明表达式是【执行什么命令，将要达到什么目的】。

在注解前用双斜线进行区分【//】。【//】将提示系统忽略它后面的语句。用【Enter】键中止注解。如果注解与表达式在同一行，则需先写表达式内容，例如：

length = 10 * width//comment



### 6. 1. 3　表达式的分类

按 UG 表达式创建与生成的方式进行划分，表达式可分为用户表达式和软件表达式。

#### 1. 用户表达式

由用户创建，是用户自定义的表达式。用户表达式可具有明文名。

用户自定义表达式可通过以下操作进行。

- 执行【工具】|【表达式】命令来选择用户先前创建的表达式，并更改名称与公式(更改公式即更改了参数)，如图 6-4 所示。
- 从草图中创建表达式。草绘图形，利用尺寸约束工具进行约束，即可得到尺寸表达式。双击尺寸将弹出尺寸编辑文本框，文本框左侧显示的是表达式名，右侧为赋予的值，如图 6-5 所示。




图 6-4　选择已有的表达式

| 技巧点拨 | 用户也可以在草图表达式中修改表达式名称。赋予的值可以通过手动输入常量、测量获取值、输入公式、函数关系及选取参考等5种方式来获取，如图6-6所示。 |
|---|---|

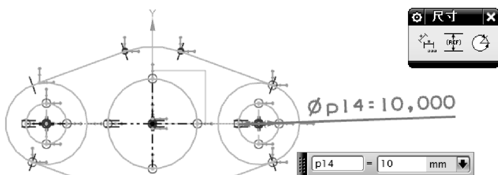


图6-5　草图中创建表达式

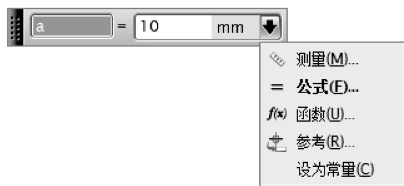


图6-6　表达式中值的输入方式

● 在文本文件中输入表达式，然后执行菜单栏中【工具】|【导入或导出表达式】命令，将它们导入表达式变量表中，如图6-7所示。

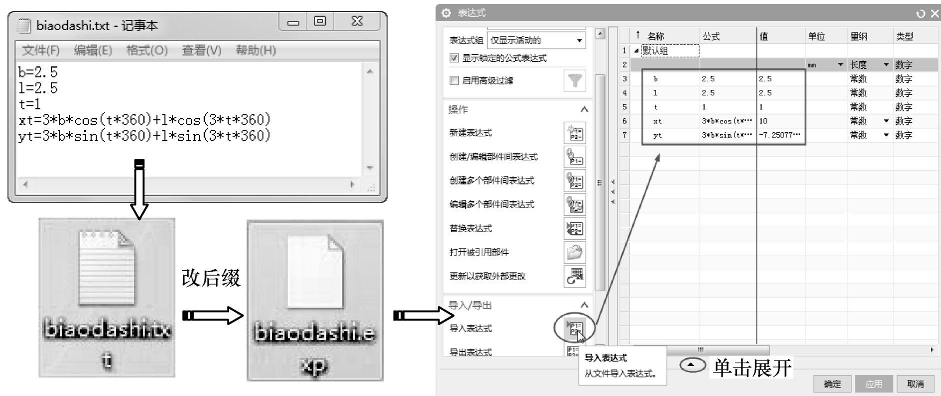


图6-7　导入表达式

## 2. 软件表达式

在以下情形中，将自动建立表达式，表达式的名称为Pn，P为表达式名称，n为表达式的序号，按创建表达式的先后顺序进行排列。

● 建立一个【特征】时，系统对特征的每个参数建立一个表达式，如图6-8所示。

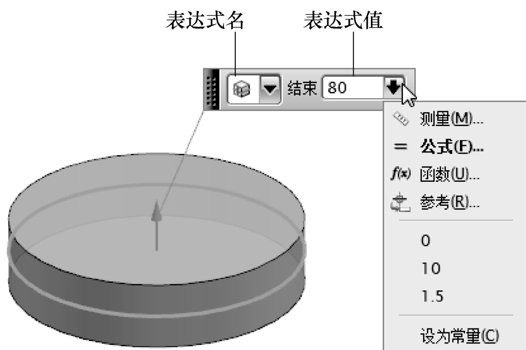


图6-8　建立特征时自动创建表达式

● 在草绘模式中执行【任务】|【草图样式】命令，打开【草图样式】对话框。勾选【连续自动标注尺寸】复选框，并选择尺寸标签选项为【表达式】，标注草图尺寸

后，系统对草图的每一个尺寸都建立一个相应的表达式，如图 6-9 所示。

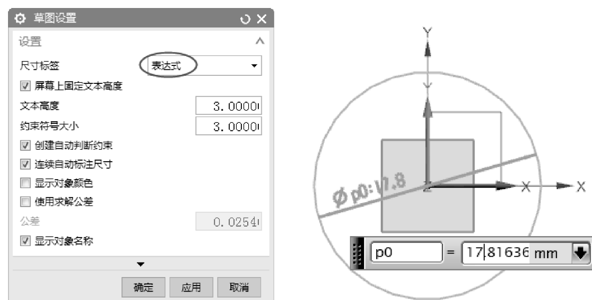



图 6-9　草图中自动创建的表达式

● 定位一个特征或一个草图时，系统对每一个定位尺寸都建立一个相应的表达式，如图 6-10 所示。




图 6-10　定位特征时自动创建的表达式

● 装配模式下，创建配对条件或装配约束时，系统会自动建立相应的表达式。



## 6.1.4 【表达式】对话框

在建模环境下，执行菜单栏中【工具】|【表达式】命令，或者在【工具】选项卡的【实用工具】组中单击【表达式】按钮＝，弹出【表达式】对话框，如图 6-11 所示。对话框中各选项含义如下。

### 1. 【列出的表达式】列表

用户可以在表达式列表中选择表达式类型来查看或选取表达式。此列表的作用为表达式过滤器，包括如图 6-12 所示的 14 种类型。选择其中一种，表达式列表框中将显示这种表达式。

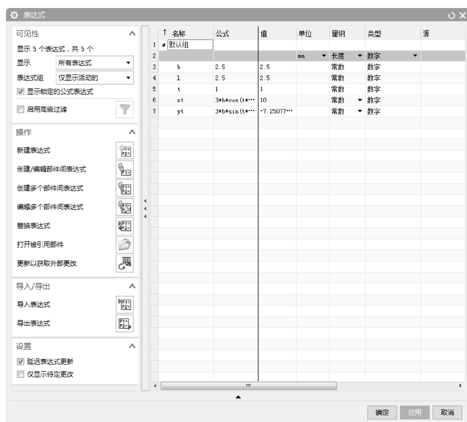


图 6-11　【表达式】对话框

用户定义
命名的
按名称过滤
按值过滤
按公式过滤
按字符串过滤
按附注过滤
按表达式类型过滤
按特征类型过滤
不使用的表达式
对象参数
测量
属性表达式
全部

图 6-12　列表中的 14 种表达式类型

2. 【类型】列表

此列表中包括了表达式的运算类型。各类型含义如下。

- 数字：在【数字】作为选定的类型时，类型框右侧的量纲选项列表变为可用。
- 量纲：使用量纲选项来指定用于新表达式的尺寸种类。单位管理器指定的所有尺寸类型都显示在量纲选项列表中。建模表达式所使用的最常见的尺寸类型有：长度、距离、角度和恒定（即无量纲，就如实例阵列中孔的数量）。

**技巧点拨**

就输入和预期输出而言，为表达式公式指定的量纲和单位必须都正确。例如，如果创建一个新表达式 C，该表达式将两个现有长度表达式（A 和 B，以毫米创建）相乘得出面积（C = A * B），则将 C 的量纲设置为【面积】，将单位设置为 mm^2，否则，可能会出现单位不一致的错误。

- 字符串：使用字符串数据类型创建表达式。字符串表达式返回字符串而非数字，并且是指带双引号的字符序列。

**技巧点拨**

字符串表达式的公式可以是常量（如【Text entry】），或者是可以计算的。例如，以下字符串表达式：

NAMEFORMULA

micky2k + lg + yr + prep + terra

- 布尔运算：创建支持使用布尔值【true】或【false】的备选逻辑状态的表达式，使用此数据类型来表示相对条件，如由表达式抑制和组件抑制命令的抑制状态。
- 整数：创建使用数值计数而不带单位的表达式。在需要数值计数或数量的命令（例如实例几何体）中，使用此数据类型。
- 点：通过使用 X、Y 和 Z 尺寸定义位置，从而创建表达式。公式语法：Point（0,0,0）。在需要以表达式指定或参考某位置的命令中，使用此数据类型。例如，可参数化控制旋转轴位置或关联测量距离的最小距离位置。
- 矢量：通过使用笛卡尔 I、J 和 K 坐标定义方向，从而创建表达式。公式语法：Vector（0,0,0）。
- 列表：可以使用此数据类型来简化 NX DesignLogic 交互，并提供可处理更多设计任务的额外功能。可以使用【扩展文本编辑器】选项便利地指定列表表达式，列表表达式使用大括号｛｝时，用逗号分隔任意 DesignLogic 数据类型的值。

3. 名称

用于指定新表达式的名称，更改现有表达式的名称，以及高亮显示现有表达式以进行编辑。表达式名必须以字母字符开始，但可以由字母数字字符组成。表达式名可以包括内置下划线。表达式名中不可以使用任何其他特殊字符，如 -、?、* 或 !。

4. 公式

使用该字段可编辑从列表中选取的表达式公式，输入新表达式的公式或创建部件间表达式的引用。

可以通过以下各方法填充【公式】字段。





- 使用键盘输入表达式公式。
- 从列表窗口选择一个表达式以显示其公式，然后右键单击插入公式。
- 单击【函数】按钮以插入一个函数。
- 单击一个测量按钮，从图形窗口指定一个对象测量，然后将它插入到一个表达式中。
- 单击创建部件间引用按钮，以插入其他部件的表达式。

可以在公式中输入简单的单位，如【3mm】。列表窗口的【值】列中显示任何必要的单位转换。如果在公式中使用其他尺寸或尺寸不一致，则会显示警告消息。

也可以用科学计数法输入语句，输入的值必须含有正负号，例如：

2e +5 for 200000

2e −5 for 0. 00002

**技巧点拨**

从函数的参数输入选项打开【表达式】对话框时，只能编辑当前正在创建的表达式公式，如图 6-13 所示。虽然可以创建新的表达式，但不能使用该编辑器更改现有的表达式。

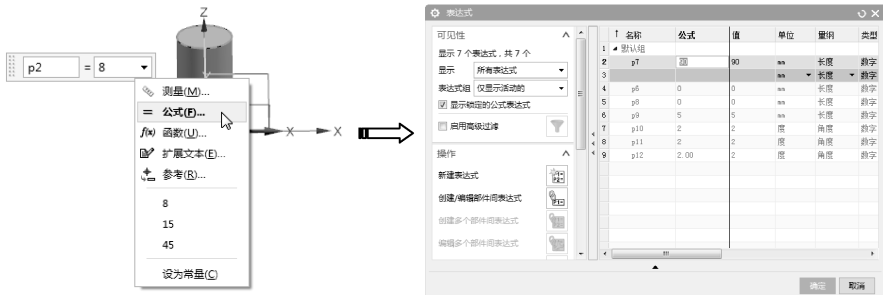



图 6-13　编辑公式

## 上机操作——深沟球轴承表达式建模

深沟球轴承是用于支承轴的标准部件，具有结构紧凑、摩擦阻力小的特点。一般由外圈（座圈）、内圈（轴圈）、滚动体和保持架等组成，如图 6-14 所示。



图 6-14　深沟球轴承

利用 UG 参数建模表达公式的功能，改变深沟球轴承的基本参数，并通过特征操作建立不同的滚动轴承三维模型，从而真正实现滚动轴承的全参数化设计，提高深沟球轴承的设计效率。

**案例分析：**

下面以深沟球轴承 GB/T276—1994 60000 型代号 6000 为例，详解其参数化建模过程。

深沟球轴承零件图如图 6-15 所示。

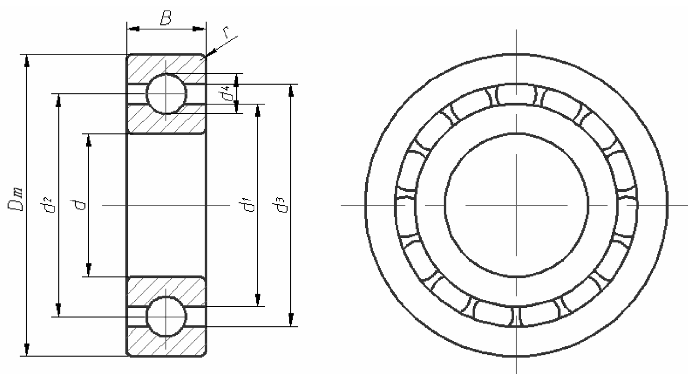



图 6-15　深沟球轴承零件图

60000 型代号为 6000 的深沟球轴承的规格尺寸见表 6-2 所示。

表 6-2　深沟球轴承的规格尺寸

| 参　数 | $Dm$ | $B$ | $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 值 | 26 | 8 | 10 | $d+(Dm-d)/3$ | $Dm-(Dm-d)/2$ | $Dm-(Dm-d)/3$ | $(Dm-d)/3$ | 0.3 |

通过修改轴承的几个变量（外径 Dm、内径 d、宽度 B 以及圆角半径 r），能够实现轴承的快速更新，滚珠的数量为：取大于等于【滚珠中心圆的周长】除以【1.5 倍的滚珠直径】的最小整数。

由表 6-2 可知，轴承的主变量参数为 Dm、d、B、r，其他固定参数都可由这几个变量参数通过程序计算获得。对于轴承中滚珠的数量，可以利用 UG 内置函数 ceiling( ) 和 pi( ) 进行表达。

| 技巧点拨 | ceiling( ) 为一个取整函数，返回一个大于等于给定数字的最小整数，ceiling(7.2)=8；pi( ) 为圆周率，( ) 内不要赋值。 |
|---|---|

**设计步骤：**

**1. 创建深沟球轴承在 UG 中的表达式**

**01** 首先在计算机系统的桌面上新建记事本文件并命名为 guanxishi。打开记事本文件，然后输入深沟球轴承的表达式，如图 6-16 所示。

**02** 关闭记事本文件，然后将其后缀名由 txt 改为 exp。

**03** 启动 UG，新建模型文件并命名为【轴承】。执行菜单栏中【工具】|【表达式】命令，打开【表达式】对话框。

**04** 在【表达式】对话框【导入/导出】选项区中单击【导入表达式】按钮，然后从本例源文件夹中打开【guanxishi.exp】表达式数据文件，如图 6-17 所示。

**05** 在【表达式】对话框的列表框中显示了先前输入的表达式，如图 6-18 所示。

**06** 单击对话框中【确定】按钮，完成表达式的创建。

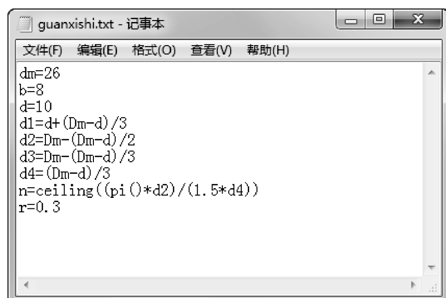



图 6-16　在记事本中输入轴承表达式

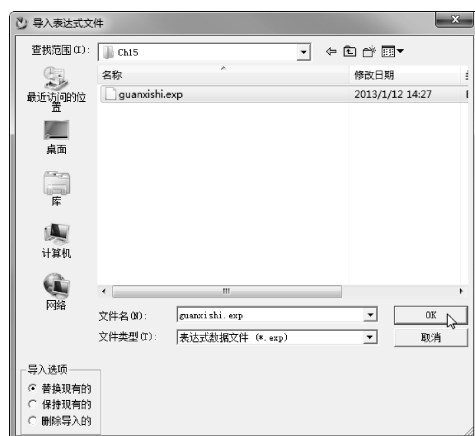



图 6-17　导入表达式文件

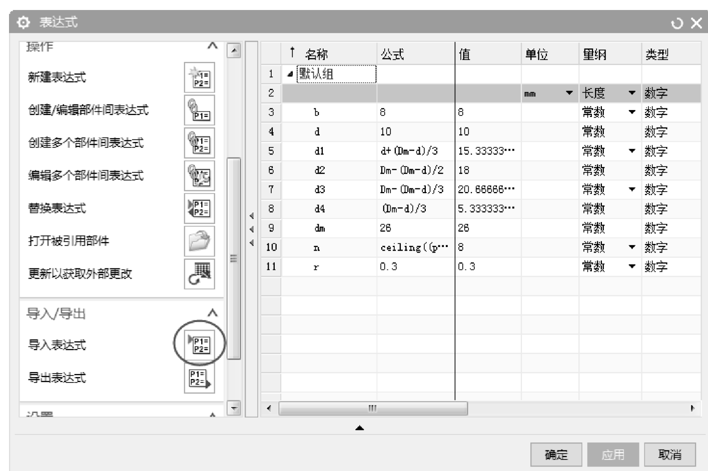



图 6-18　导入表达式数据文件

| 技巧点拨 | 默认情况下，在导入的表达式中，各参数的单位为恒定。可以将每个参数的单位重新选择为【长度】，但表达滚珠特征的圆周阵列数量的变量 n 的单位为恒定的，没有单位。 |
| --- | --- |

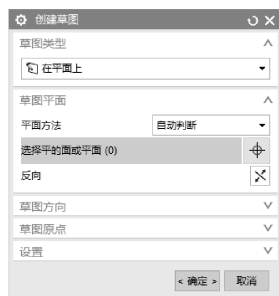
2．建立模型

**01** 在【特征】选项卡中单击【回转】按钮，打开【回转】对话框。

**02** 在对话框的【截面】选项区中单击【绘制截面】按钮，打开【创建草图】对话框，然后选择 YZ 基准平面作为草图平面，单击【确定】按钮，进入草绘模式，如图 6-19 所示。

**03** 进入草绘模式后，利用【矩形】【直线】【圆】【快速修剪】等命令创建出如图 6-20 所示的基本草图（仅仅绘制内、外圈的截面）。

**04** 单击【自动判断尺寸】按钮，然后以 Y 轴为定位基准，重新标注草图，尺寸标注均以表达式显示，如图 6-21 所示。



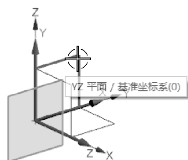




图 6-19　指定草图平面

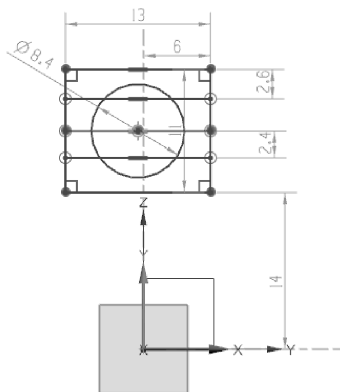


图 6-20　绘制基本草图

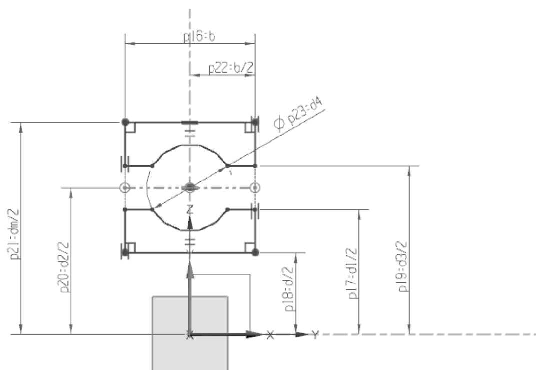


图 6-21　标注尺寸并设置表达式

**05**　单击完成草图按钮，退出草绘模式，返回到【回转】对话框，按信息提示选择旋转轴（Y 轴），随后显示预览效果。单击对话框中【确定】按钮，完成回转特征的创建，如图 6-22 所示。

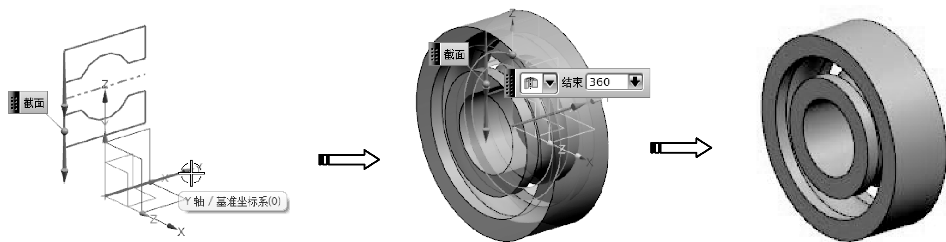



图 6-22　创建回转特征

**06**　同理，选择【回转】命令，选择 YZ 基准平面为草图平面，进入草绘模式，绘制如图 6-23 所示的草图。

| 技巧点拨 | 在设置截面直径表达式时，需增加 0.001。以此在后续布尔运算时可以与内外圈实体形成相交，并在阵列操作中利用【阵列特征】完成阵列。 |
| --- | --- |

**07**　完成草图后，选择 Z 轴作为旋转轴，如图 6-24 所示，单击【确定】按钮，完成回



转体（轴承滚动体）的创建。

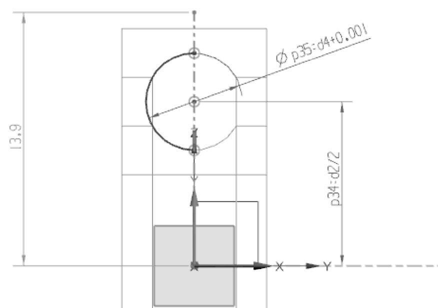



图 6-23　绘制草图

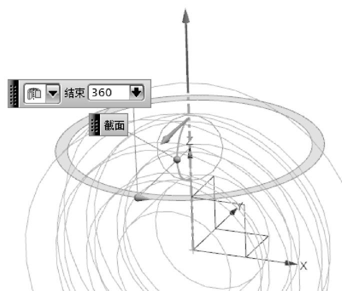



图 6-24　选择旋转轴

08　单击【合并】按钮，选择外圈实体作为目标体，再选择滚动体和内圈实体作为工具，单击【确定】按钮，完成布尔合并操作，如图 6-25 所示。

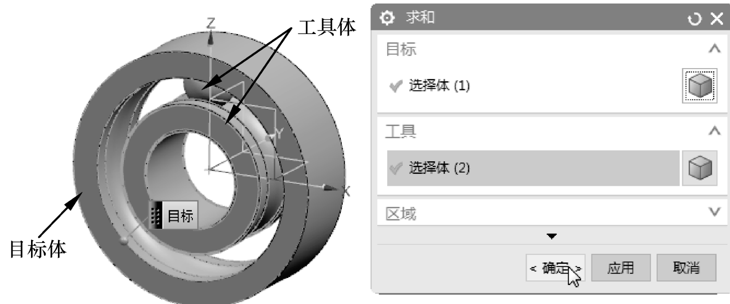



图 6-25　布尔合并运算

09　在【特征】选项卡中单击【阵列特征】按钮，打开【阵列特征】对话框。首先选择要阵列的对象——滚动体，然后选择阵列类型为【圆形】，并选择阵列的旋转轴，如图 6-26 所示。




图 6-26　选择阵列旋转轴

10　输入数量为 n，节距角为 360/n，单击【确定】按钮，完成滚动体的阵列，如图 6-27 所示。

11　阵列的滚动体如图 6-28 所示。

12　单击【边倒圆】按钮，然后对外圈和内圈的几条边倒圆，设置半径为 r，如图 6-29 所示。

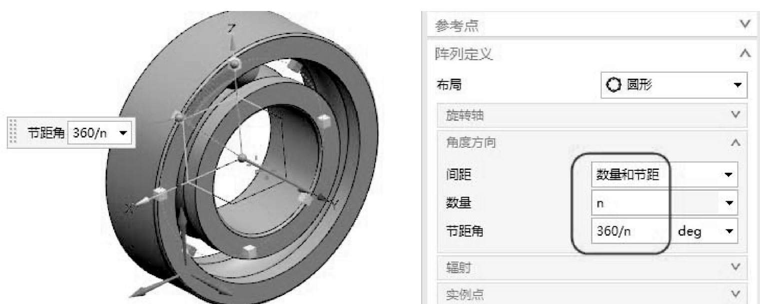
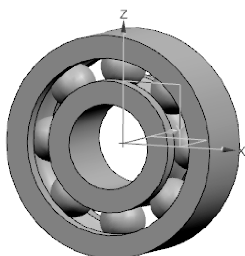


图 6-27 创建滚动体的阵列


图 6-28 阵列滚动体

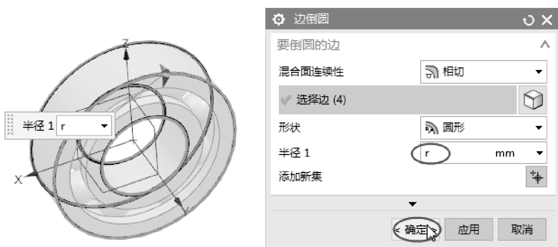


图 6-29 边倒圆

**13** 最后在部件导航器的【用户表达式】项目中，对 dm、d、b、r 及 n 等表达式进行参数编辑，随后立即更新为新参数的轴承模型。例如，60000 型代号 6002 的深沟球轴承的 d 为 15，dm 为 32，b 为 9，更新后的轴承如图 6-30 所示。

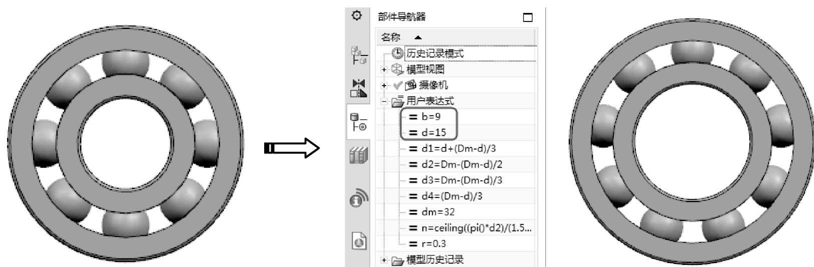


图 6-30 编辑轴承表达式并更新模型

## 6.2 装配体部件间的表达式

装配体各部件之间的形状和尺寸相互配合，存在一定函数关系的关联性。在装配结构的上下文参数化三维设计和编辑过程中，需要保证具有尺寸关联的零件之间尺寸的一致性，当一个零件的几何尺寸参数变更后，相关零件的几何尺寸参数若能自动适应，便可以提高设计的效能，减少重复修改工作，避免因疏忽造成的失误。



### 6.2.1 UG 部件间表达式的定义

在 UG 中，部件间表达式（IPE）是指允许某个部件中的表达式控制或依赖于另一个部件中的表达式。





部件间表达式的常见语法如下：

part_name：：expression

其中，part_name 为部件名，expression 为表达式名。

如果在装配部件间设定表达式，表达方法如下：

hole_ dia = pin：：diameter + tolerance

表达式的含义为：将部件中的本地表达式 hole_die 与部件命名为 pin 的引用表达式 diameter 联系起来，当 pin 的 diameter 值发生改变时，hole_die 的值也随之更新。



## 6.2.2　创建部件间表达式的方法

UG 提供了两种方法创建部件间的表达式：在单个部件间创建表达式和在多个部件间创建表达式。

在菜单栏中执行【工具】|【表达式】命令，打开【表达式】对话框。在对话框的左侧的【操作】选项区中包括 3 个部件间表达式的选项：【创建/编辑部件间表达式】选项、【创建多个部件间表达式】选项和【编辑多个部件间表达式】选项，如图 6-31 所示。

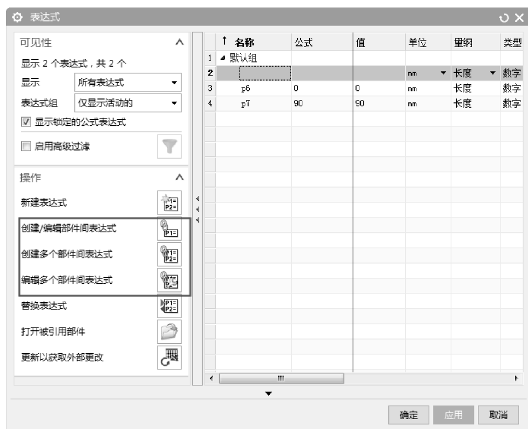



图 6-31　创建部件间表达式的选项

### 1. 在单个部件间创建表达式

选择【创建/编辑部件间表达式】选项，弹出【创建单个部件间表达式】对话框，如图 6-32 所示。各选项含义如下。

- 选择部件 ✱ 选择部件 (0)：激活此命令，可以在【已加载的部件】列表中选择部件，也可以在当前装配环境中选择部件。
- 打开：单击【打开】按钮，可以打开路径中的装配体文件。该装配体文件中所包含的部件将显示在【已加载的部件】列表中，如图 6-33 所示。

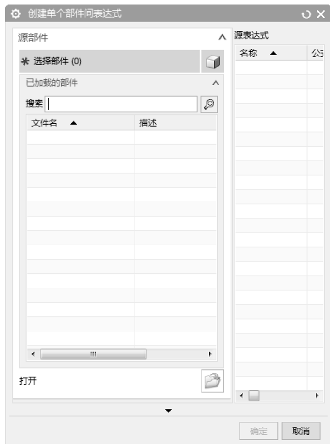


图 6-32　【创建单个部件间表达式】对话框

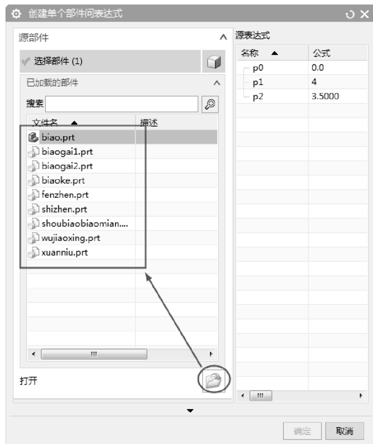



图 6-33　添加部件文件到列表中

在列表中选择要设定表达式的部件，对话框右侧的【源表达式】列表中列出了该部件建模时的所有参数表达式，如图 6-34 所示。

在【源表达式】列表中选择要定义的单个参数表达式，单击【确定】按钮，该表达式将被添加到【表达式】对话框中，然后为该表达式重命名即可，如图 6-35 所示。

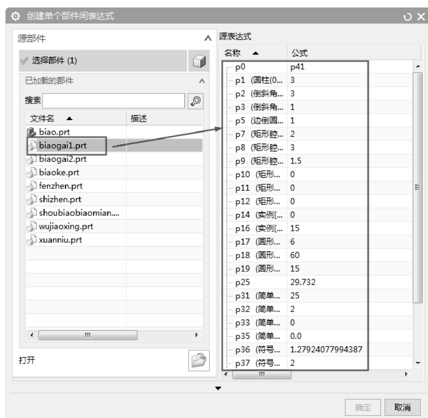



图 6-34　选择部件后显示该部件所有表达式

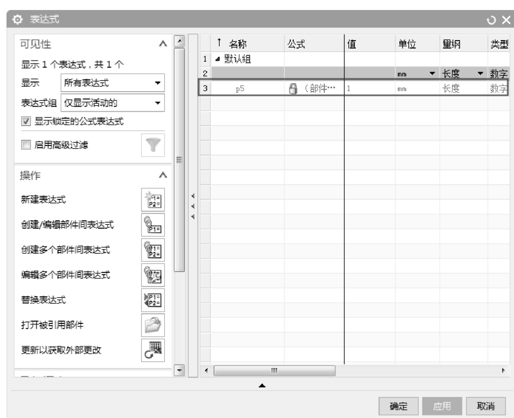



图 6-35　完成单个部件间表达式的定义

| 技巧点拨 | 一次只能选择一个表达式。 |
|---|---|

### 2. 在多个部件间创建表达式

例如，1 个螺钉与 1 个螺孔的装配属于两个装配部件间的装配关系，但一块固定板上有两个螺孔，那么就需要安装两个螺钉，也就形成了 3 个部件间的装配关系。

在【表达式】对话框【操作】选项区中单击【创建多个部件间的表达式】按钮，弹出【创建多个部件表达式】对话框。该对话框用于添加多个部件的表达式。单击【打开】按钮，将部件加载到对话框中，如图 6-36 所示。

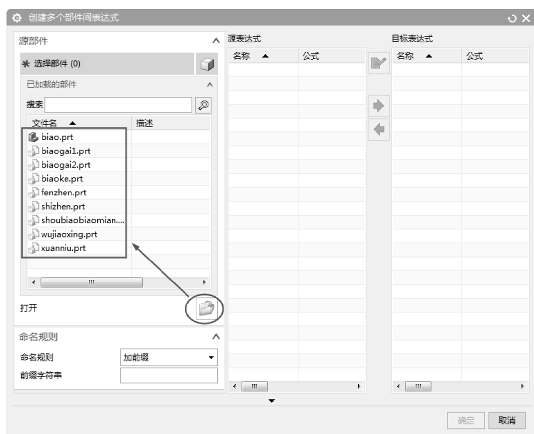



图 6-36　打开部件

选择一个部件，在对话框下方的【表达式】选项区的【源表达式】列表中显示该部件所有的表达式，可以同时选择多个表达式，单击【添加到目标】按钮，将表达式添加到【目标表达式】列表中，如图 6-37 所示。

| 技巧点拨 | 利用【创建多个部件表达式】选项可以一次性定义多个部件间表达式，而利用【创建单个部件表达式】选项，一次只能创建一个部件间表达式。 |
|---|---|

在目标表达式列中选择所有的部件表达式，单击【确定】按钮，在【表达式】对话框表达式列表中将显示添加的部件表达式，如图 6-38 所示。



图 6-37　添加多个表达式到目标表达式列表中

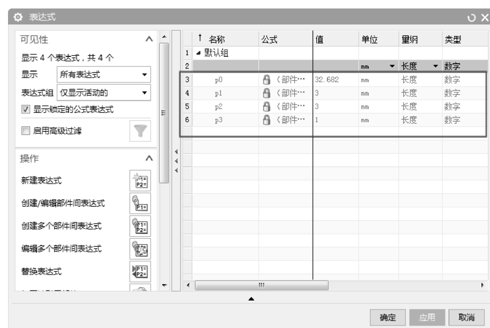


图 6-38　表达式列表中的部件表达式

### 3. 编辑多个部件间表达式

利用【编辑多个部件间表达式】选项，可更改引用的部件。选择此选项后，将弹出【编辑多个部件间表达式】对话框，如图 6-39 所示。选中要编辑的部件，可以替换该部件，也可以删除部件，还可以全部删除列表中所有的部件。

如果要更改部件，单击【更改引用的部件】按钮，将再次打开【选择部件】对话框。通过此对话框重新选择要定义表达式的部件，如图 6-40 所示。




图 6-39　【编辑多个部件间表达式】对话框

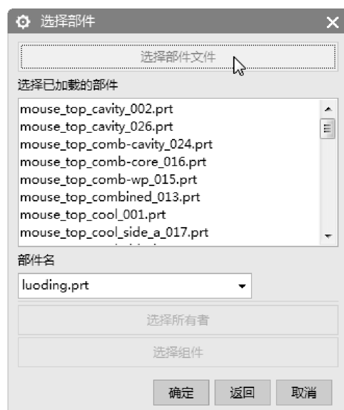



图 6-40　更改部件

## 上机操作——创建部件间的表达式

下面用一个小实例来说明如何创建多个部件表达式。本例中装配体模型为一块垫板和两个螺钉，如图 6-41 所示。

定义部件间表达式后，更改螺钉的直径，垫板中螺孔的直径也随之变化。

**01** 新建模型文件并命名为 luodingzhuangpei。

**02** 在【应用模块】选项卡中单击【装配】按钮，将【装配】选项卡调出来。单击【添加组件】按钮，打开【添加组件】对话框。

**03** 单击【打开】按钮，从本例文件夹中打开素材文件【qiankouban. prt】，如图 6-42 所示。

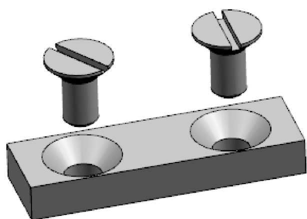


图 6-41　装配体模型

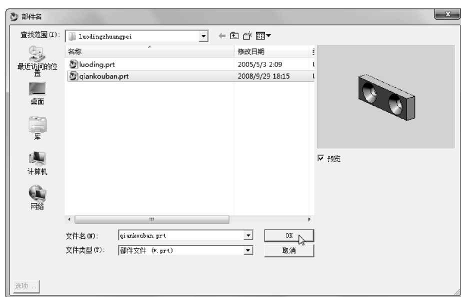


图 6-42　打开第 1 个部件

**04** 打开后，在【添加组件】对话框中设置如图 6-43 所示的参数选项，然后单击【应用】按钮。

**05** 在坐标系原点放置第 1 个部件，如图 6-44 所示。




图 6-43　设置装配组件的选项

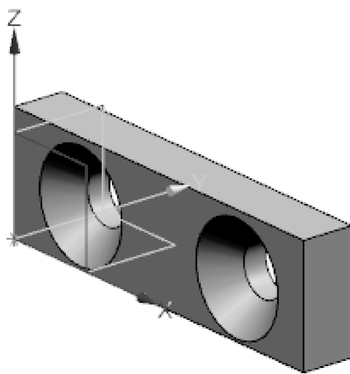



图 6-44　放置第 1 个部件

**06** 返回【添加组件】对话框，单击【打开】按钮，将第 2 个部件【luoding. prt】导入。然后设置如图 6-45 所示的选项，并单击【确定】按钮。

**07** 随后打开【装配约束】对话框。选择【同心】约束类型，然后分别选择螺钉头部的边和螺孔外边作为一组约束参考，单击【应用】按钮，完成螺钉 1 的装配，如图 6-46 所示。




图 6-45　设置装配选项

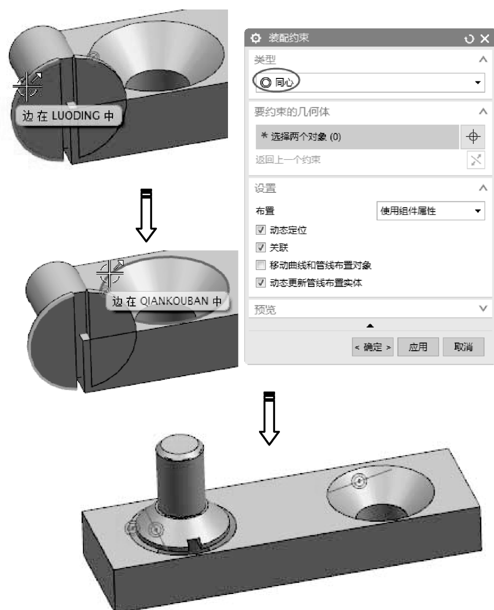



图 6-46　定义同心约束

**08** 同理，在随后弹出的【装配约束】对话框中，为装配重复的螺钉组件设定【同心】类型，然后选择相同的约束参考，完成第2个螺钉的装配，结果如图6-47所示。

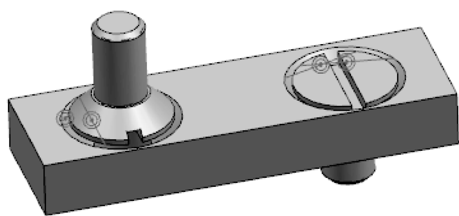


图 6-47　装配第 2 个螺钉

**09** 第1个螺钉的装配方向是反向的，因此在装配导航器中，右键选中第1个螺钉的约束关系，然后选择右键菜单中【反向】命令，即可改变该螺钉的装配方向，如图6-48所示。

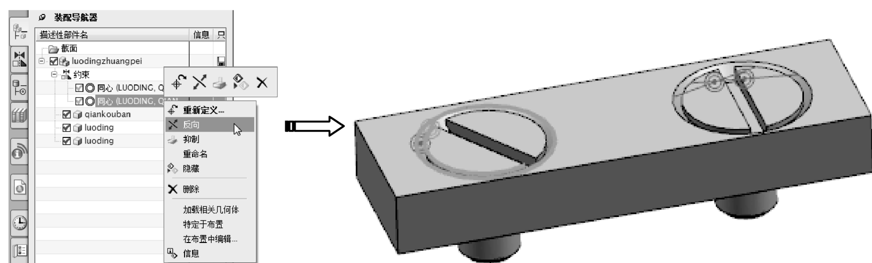



图 6-48　更改第 1 个螺钉的装配方向

| 技巧点拨 | 对装配完成的模型进行分析，得知垫板的螺孔直径与螺钉直径形成间隙配合，因此形成装配表达式关系的应该是直径表达式。 |
|---|---|

**10** 在装配导航器中，将垫板部件设为工作部件，然后执行【工具】|【表达式】命令，打开【表达式】对话框。在图形区选择垫板中埋头孔，【表达式】对话框的表达式列表框中显示埋头孔的全部表达式，如图6-49所示。

**11** 与螺钉形成部件间表达式关系的是 P10 的表达式（孔径）。同理，将某个螺钉设为工作部件，然后查看其表达式，如图 6-50 所示。

**12** 从螺钉的表达式中可以看出，命名为 P10 的直径表达式与螺孔的孔径表达式形成部件间表达式的关系。



图 6-49 查看埋头孔的表达式



图 6-50 查看螺钉的表达式

**13** 由于形成装配关系的两个部件中的表达式命名是相同的，为了避免表达式创建失败，把螺钉中的 P10 重新命名为 P20，如图 6-51 所示。

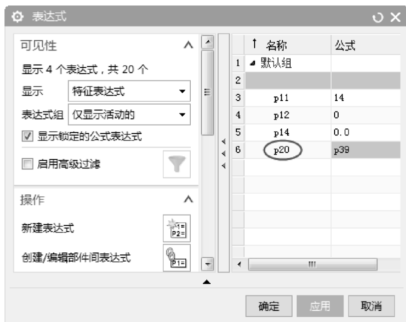



图 6-51 更改表达式名称

**14** 把 P20 的表达式中公式【P39】删除（删除字体），选择【创建/编辑部件间表达式】选项，打开【创建单个部件间表达式】对话框。选择 qiankouban 部件，如图 6-52 所示。

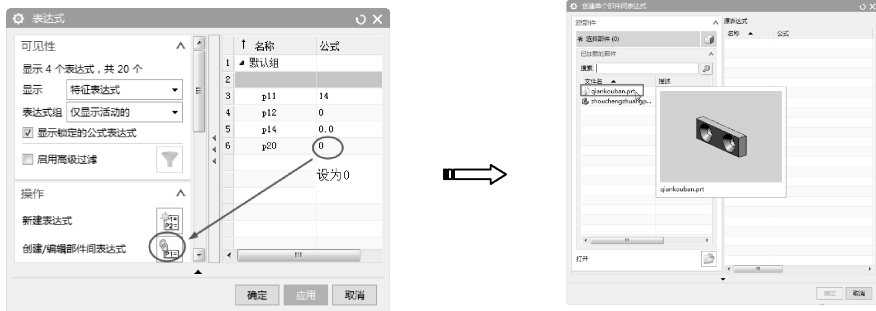



图 6-52 选择链接的部件

| 技巧点拨 | 表达式中必须清除公式，否则链接新部件的表达式后，表达式格式将出现错误。 |
| --- | --- |

**15** 在【源表达式】列表中选取 P10 的表达式，单击【确定】按钮，返回【表达式】对话框，单击【应用】按钮，完成部件间表达式的创建，如图 6-53 所示。



图 6-53 完成部件间表达式的创建

**16** 接下来我们检验一下表达式。将垫板设为工作部件，然后打开【表达式】对话框，选择螺孔面，在对话框中修改孔径为 8，单击【应用】按钮和【确定】按钮，如图 6-54 所示。

**17** 随后螺钉的直径也随之发生变化，如图 6-55 所示。



图 6-54 更改螺孔参数

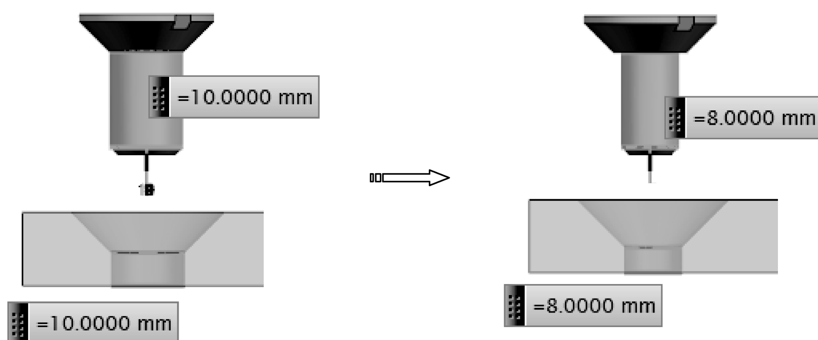



图 6-55 随之变化的螺钉直径

## 6.3 用户自定义特征（UDF）

使用用户自定义特征（User Defined Feature，UDF），可以扩展 NX 内置特征的范围和功

能。当机械设计人员频繁使用企业内标准化的特征，并想为这些特征建立库时，UDF 是非常有用的。

同其他特征一样，放置在其他模型上的用户定义特征可以被编辑，但是，可以通过创建资源文件来控制编辑方法，这类似于 AutoCAD 中的【动态块】。

要利用 UDF 进行设计，必须先创建 UDF。UG 提供了用于创建 UDF 的向导对话框，通过在此对话框中的系列操作，完成用户定义的 UDF。

在菜单栏中执行【工具】|【用户定义特征】|【向导】命令，弹出【用户定义特征向导】对话框，如图 6-56 所示。



图 6-56 【用户定义特征向导】对话框

对话框左侧有 5 个复选框，勾选某一项，将显示该项的设置面板。

### 1. 【定义】选项设置面板

此面板是创建 UDF 的首页，用于设置 UDF 的库路径、UDF 名称、部件名、捕捉特征的视图等。

面板中各选项含义如下。

- 库：选择要保存 UDF 的库。如果未指定 UDF 库，则此选项值为【无库】，可以单击【浏览】按钮，选择要保存 UDF 的库。
- 捕捉图形：首次使用向导时，系统自动为 UDF 创建一个模型图像（出现在图像窗口），并为其创建一个 cgm 文件。
- 名称：输入 UDF 名称，在准备插入 UDF 时，会在库浏览器中看到所输入的名称。
- 帮助页：用于为包含 UDF 帮助的 HTML 文件指定 URL 地址。
- 部件名：此字段为系统为 UDF 创建的部件名，可以将部件名称更改为更具有描述性的名称。

### 2. 【特征】选项设置面板

在首页中单击【下一步】按钮，进入【特征】设置面板，如图 6-57 所示。此面板用于添加要定义的特征，各选项含义如下。



图 6-57 【特征】设置面板

- 部件中的特征：显示可包含在 UDF 内的部件特征。从【部件中的特征】列表窗口中选择用于 UDF 定义的特征，并单击【添加特征】按钮，将其发送到【用户定义特征中的特征】下面的列表窗口中。

| 技巧点拨 | 也可以双击【部件中的特征】列表中的特征，将其添加到【用户定义特征中的特征】列表中。 |
| --- | --- |

- 过滤器：用于限制【部件中的特征】列表中显示的特征类型。
- 用户定义特征中的特征：显示当前定义为 UDF 一部分的特征。通过在【用户定义特

征中的特征】列表窗口中选择特征，然后单击【移除特征】按钮，可以将其从UDF定义中移除。

- 添加子特征：当在UDF中添加或移除父特征时，使用【添加子特征】选项可添加或移除父特征的子特征。
- 允许特征爆炸：如果不允许用户爆炸自定义特征中的特征，则取消勾选此复选框。如果允许用户爆炸UDF，则勾选此复选框。

### 3. 【表达式】设置面板

此面板用于指定要添加到UDF的表达式，并为其定义不同的提示和参数。如果不需要设置表达式，可以单击【下一步】按钮，翻过此面板。

【表达式】设置面板如图6-58所示。

面板中各选项含义如下。

- 可用表达式：当在前一面板中选择定义的特征后，列表中显示所有可用的表达式，选择表达式，单击【添加表达式】按钮，将其添加到右侧的【用户可编辑表达式】列表框中。
- 用户可编辑表达式：此列表框用于收集要定义的表达式，选择一个表达式，可用【表达式规则】选项区的选项进行编辑。单击【向上移动表达式】按钮或【向下移动表达式】按钮，选取要编辑的表达式。



图6-58 【表达式】设置面板

- 【表达式规则】选项区：用于定义在【用户可编辑表达式】列表中选中的参数的值。
- 无：没有为选中的表达式指定参数值。
- 按整数范围：选中此选项，将在右侧显示一对整数字段。可以为选中表达式的整数最小范围输入一个下限值，为整数最大范围输入一个上限值。
- 按实数范围：选中此选项，将在右侧显示一对实数范围字段。可以为选中表达式的实数最小范围输入一个下限值，为实数最大范围输入一个上限值。
- 按选项：在【值选项】字段输入新的选项值，单击【完成】按钮，可以为选中的表达式创建新的选项值。若要移除选中表达式的值，则在【值选项】窗口中选中并删除，单击【完成】按钮，然后重新设置【表达式规则】为【无】。

### 4. 【参考】设置面板

此面板用于解决新的UDF中可能存在的未解决的参考。

各选项含义如下。

- UDF参考提示：列表窗口中的条目显示了特征的所有外部参考，可以解决这些参考，以便在插入UDF时进行放置。

| 技巧点拨 | 根据情形的不同，可能不必在插入UDF时解决全部参考。 |
| --- | --- |

- 新建提示：通过输入新名称重命名选中的参考。

● 添加几何体：用于向 UDF 定义添加更多的几何体，方法是选择此选项并选择几何体。

● 移除几何体：用于从 UDF 定义中移除几何体，方法是选择此选项并选择几何体。

5. 【汇总】面板

【汇总】面板用于在完成 UDF 前进行仔细检查，其中包含 UDF 名称、文件名、目录、所有特征和表达式的列表、此用户定义特征是否可爆炸和当前定义的参考，如图 6-59 所示。




图 6-59　【汇总】面板

## 上机操作——UDF 的应用

下面以一个零件绘制实例来详解 UDF 的创建、应用、编辑等设计流程。本例中，将创建的凸台特征定义为 UDF，在进行其他机械零件设计时插入 UDF，从而很方便地创建相同形状的凸台。

**01**　新建模型文件并命名为 UDF。

**02**　单击【长方体】按钮，创建一个长方体特征，如图 6-60 所示。

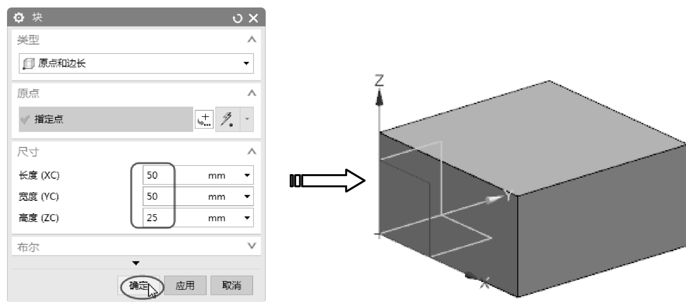



图 6-60　创建长方体

**03**　单击【凸台】按钮，打开【凸台】对话框。选择一个放置面，生成凸台预览，然后设置凸台参数，如图 6-61 所示。

**04**　单击【应用】按钮，弹出【定位】对话框。采用【垂直】方式，选择长方体的 1 条边作为参考，然后输入参考距离，按下【Enter】键确认修改，如图 6-62 所示。

**05**　选择另 1 条边作为参考，并输入参考距离，如图 6-63 所示。



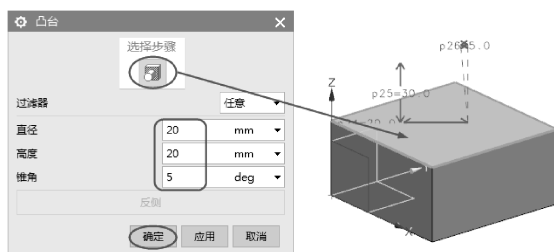


图 6-61　选择放置面并设置凸台参数

**06** 单击【确定】按钮完成凸台的创建。

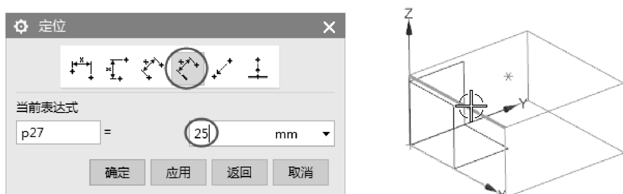


图 6-62　选择定位的参考边

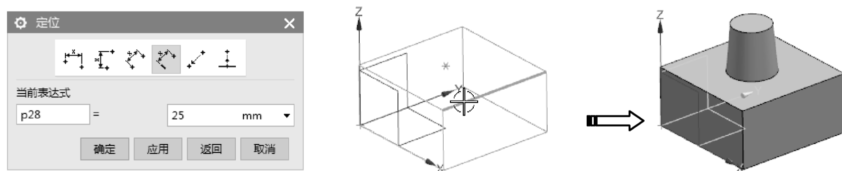


图 6-63　指定另 1 条定位参考边

**07** 使用【边倒圆】工具，创建凸台上的圆角特征，如图 6-64 所示。

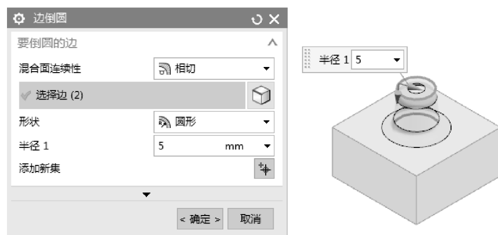


图 6-64　创建圆角

**08** 在菜单栏中执行【工具】|【用户定义特征】|【向导】命令，打开【用户定义特征向导】对话框。首页中显示整个模型的默认视图。为 UDF 选择要保持的库【No Library】，输入 UDF 名称和部件名为 tutai，然后单击【下一步】按钮，如图 6-65 所示。

| 技巧点拨 | 如果视图方向不合适，可以先进行调整，然后单击【捕捉图像】按钮。 |
|---|---|

**09** 在【特征】面板中，将【部件中的特征】列表中的凸台和边倒圆特征添加到右侧【用户定义特征中的特征】列表框中，然后单击【下一步】按钮，如图 6-66 所示。

**10** 在【表达式】面板中将左侧【可用表达式】列表中的表达式全部添加到右侧的

【用户可编辑表达式】列表框中，并且为每个表达式重新命名，命名后单击【下一步】按钮，如图 6-67 所示。




图 6-65　选择 UDF 库并输入名称




图 6-66　添加 UDF 特征

| 技巧点拨 | 表达式名称中不能出现中文，所以必须重命名为文母或数字。 |
|---|---|

**11** 在【参考】面板中，将参考的中文名重新命名为 PL，然后单击【下一步】按钮，如图 6-68 所示。




图 6-67　添加 UDF 表达式




图 6-68　重命名参考平面

**12** 单击【汇总】面板中的【完成】按钮，完成 UDF 的创建，如图 6-69 所示。




图 6-69　完成 UDF 的创建



**13** 将创建的 UDF 文件保存。在菜单栏中执行【工具】|【用户定义特征】|【配置库】命令，打开【用户定义特征库配置】对话框。单击【更改】按钮，保存库文件，如图 6-70 所示。




图 6-70 保存库文件

**14** 通过在菜单栏中执行【工具】|【用户定义特征】|【插入】命令，或者在【特征】选项卡中单击【用户定义特征】按钮，打开【用户定义特征库浏览器】对话框，可以看见创建的 UDF 显示在浏览器中，如图 6-71 所示。

| 技巧点拨 | 要想删除 UDF 库文件，可打开【安装盘：\ Program Files \ Siemens \ NX 12. 0 \ UGII \ library_dir. txt】记事本文件，删除记录，如图 6-72 所示。 |
|---|---|




图 6-71 查看用户定义的特征 UDF




图 6-72 library_dir. txt 记事本文件

**15** 下面来验证特征库是否能引用。重新创建一个模型文件并命名为 lingjian。利用【长方体】工具，创建如图 6-73 所示的长方体。

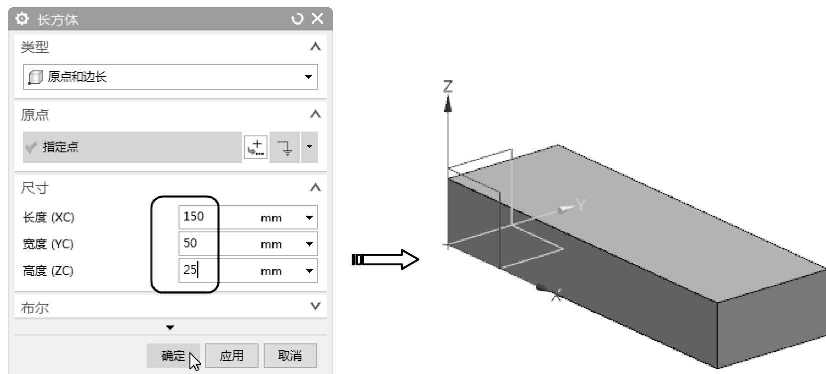



图 6-73 创建长方体

**16** 在【主页】选项卡【特征】组的【更多】命令组中单击【用户定义】按钮，打开【用户定义特征库浏览器】对话框。单击先前定义的 UDF，弹出【tutai】对话框，同时弹出 UDF 特征预览窗口，如图 6-74 所示。

**17** 按信息提示在长方体中选择放置面，单击【应用】按钮，生成凸台特征预览并打开【定位】对话框，如图 6-75 所示。

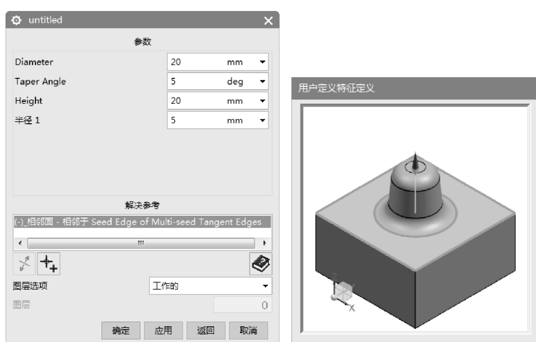


图 6-74　打开 UDF 定义对话框及特征预览窗口

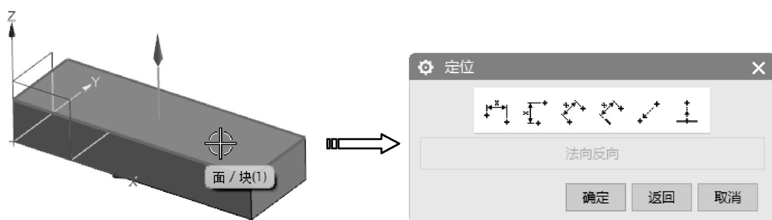



图 6-75　选择 UDF 的放置面

**18** 以【垂直】方式定义 UDF 的位置，选择两条参考边进行定位，如图 6-76 所示。

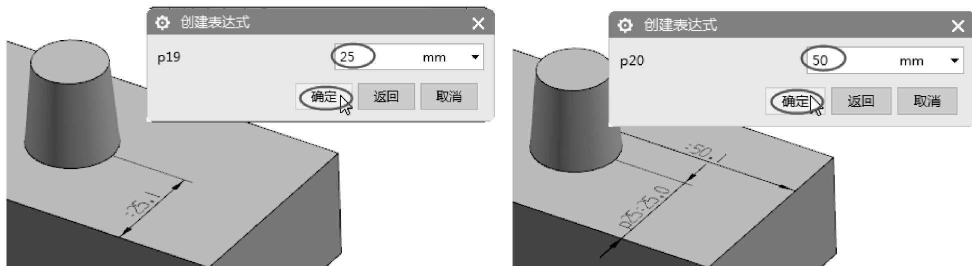



图 6-76　定位 UDF

**19** 定位后自动创建凸台特征（包括圆角特征），如图 6-77 所示。

**20** 同理，选择放置面，以创建第 2 个凸台，且定位方式相同，结果如图 6-78 所示。

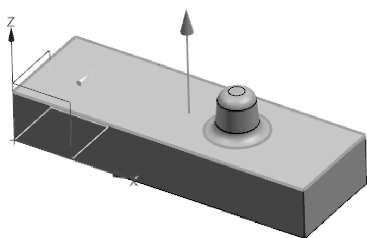


图 6-77　创建第 1 个特征

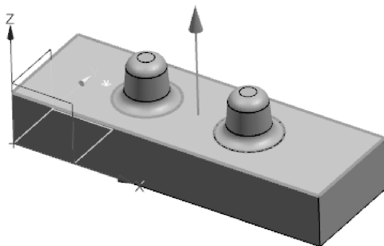


图 6-78　创建第 2 个特征

**21** 在部件导航器中，右键选中其中一个 UDF 特征，选择快捷菜单中【编辑参数】命令，重新打开【tutai】对话框，更改凸台参数，单击【确定】按钮完成编辑，如

图 6-79 所示。

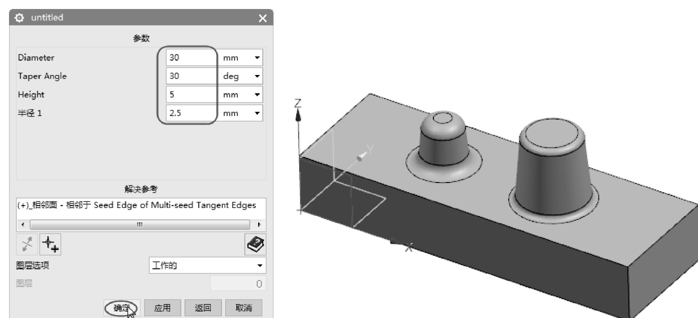



图 6-79　编辑凸台参数

**22**　最后将结果保存。

## 6.4　UG 工程师认证试题（六）

**一、选择题**

（1）建立样条曲线的方法是（　　）。　（AB）

A. 通过极点　　B. 通过点

C. 拟合曲线　　D. 与平面垂直

（2）下图中哪个图标表示用【相切—相切—半径】的方式创建圆弧。　（D）

A.　　B.　　C.　　D.

（3）下图中哪个图标表示用【相切—相切—相切】的方式创建圆弧。　（C）

A.　　B.　　C.　　D.

（4）【使样条向各个数据点（即极点）移动，但并不通过该点，端点处除外。】这句话描述的是哪种创建样条曲线类型。　（A）

A. 根据极点　　B. 通过点

C. 拟合　　D. 垂直于两面

（5）以下哪个选项中的曲线不能利用【通过曲线网格】命令转为曲面。　（D）

A.　　B.

C.　　D.

（6）关于【文本】的说法不正确的是（　　）。　（A）

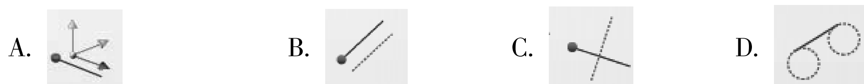
A. 可以创建平面文本

B. 可以沿着相连的曲线串创建文本

C. 可以在多个不相连的面上创建文本

D. 可以在一个或多个相连面上创建文本

（7）下图中哪个图标表示用【点—垂直】的方式创建直线。（C）




## 二、建模练习

（1）按图 6-80 建立线架（尺寸自定）。

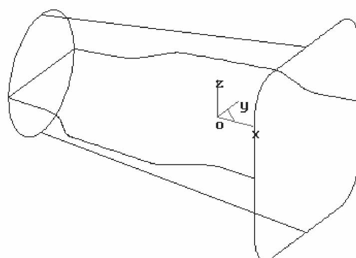



图 6-80　线架

（2）在 XOY 平面内，按下面数据绘制样条曲线。

| X 坐标 | -50 | -25 | -15 | 0 | 15 | 25 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y 坐标 | 0 | 5 | 25 | 50 | 25 | 5 | 0 |

再作起点为（-50，-30，0），终点为（50，-30，0）的直线，如图 6-81 所示。

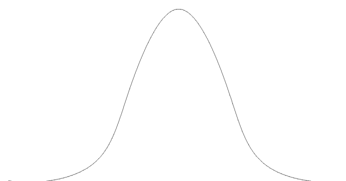


图 6-81　绘制直线

# 第7章

# 机械装配设计

## 本章导读

装配设计的含义就是把零件组装起来形成装配体，这个装配体就是我们日常生活中使用的产品。在 UG 中，零件的装配形式分自顶向下装配和自底向上装配。本章我们将学习关于零件装配的相关知识。



## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案 例 图 | 描 述 |
| --- | --- |
| | 自底向上装配方法就是在装配之前就把装配体的各组件在建模环境中创建完成，然后通过装配功能一一进行组装的 |
| | 自顶向下装配方法就是在装配环境中现场创建组件模型，创建过程中按照总装配体的位置关系进行装配设计 |
| | 台虎钳主要由两大部分构成，一是钳座，二是活动钳口。因此，装配台虎钳的顺序是，先装配钳座部分，接着装配活动钳口部分，最后再总装配 |

# 7.1 组件装配形式

虚拟装配是指通过计算机对产品装配过程和装配结果进行分析和仿真，评价和预测产品模型，并做出与装配相关的工程决策，而不需要实际产品作支持。采用虚拟装配方法装配产品，装配体中的零件与原零件之间是链接关系，对原零件的修改会自动反映到装配体中，从而节约内存，提高装配速度，UG 采用的就是虚拟装配。

UG 虚拟装配分为自底向上装配（bottom-up）和自顶向下装配（top-down）。



## 7.1.1 进入装配环境

UG 装配模块不仅能快速组合零部件成为产品，而且在装配中，可参照其他部件进行部件关联设计，并可对装配模型进行间隙分析、重量管理等操作。装配模型生成后，可建立爆炸视图，并可将其引入到装配工程图中；同时，在装配工程图中可自动产生装配明细表，并能对轴侧图进行局部挖切。

在 UG 欢迎界面窗口中新建一个采用装配模板的装配文件，或者在【应用模块】选项卡【设计】组中单击【装配】按钮 装配，即可进入装配工作环境中，并弹出【装配】选项卡，如图 7-1 所示。




图 7-1 【装配】选项卡



## 7.1.2 自底向上装配

自底向上装配所使用的工具是【添加组件】，【添加组件】通过选择已加载的部件或从系统磁盘中选择部件文件，将组件添加到装配。添加组件过程也是自底向上的装配过程。在【装配】选项卡【关联控制】组中单击【添加组件】按钮，弹出【添加组件】对话框，如图 7-2 所示。

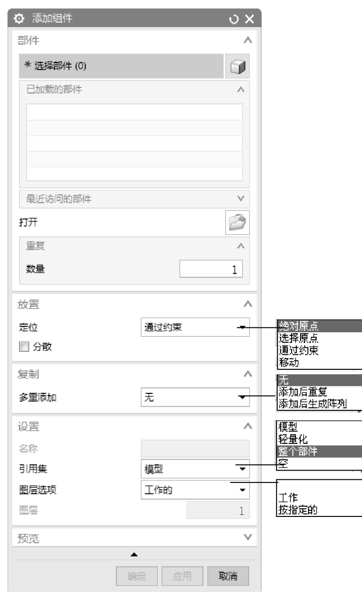



图 7-2 【添加组件】对话框

对话框中各选项的含义如下。

- 选择部件：在图形区中直接选择装配组件。
- 已加载的部件：若程序此前或者即将打开某个装配部件文件，则该部件文件被自动收集在此列表框中，通过选择列表中的部件来进行装配。
- 最近访问的部件：是指此前进行装配过的组件。
- 打开：通过单击此按钮，可在系统磁盘中将装配部件加载进 UG 程序中。
- 重复：当一个装配体中需要添加多个相同的部件时，

则在【数量】数值框中输入相应的值即可。

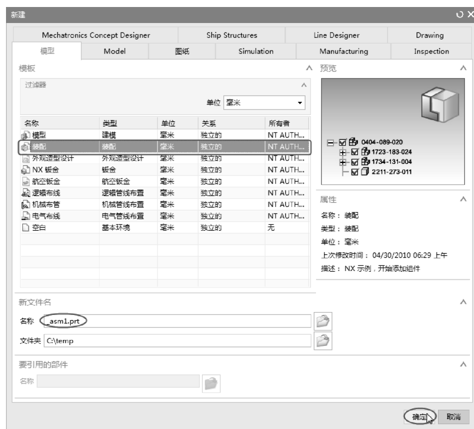
- 定位：对组件的装配进行约束定位，方法包括【绝对原点】【选择原点】【通过约束】和【移动】。
- 多重添加：用于组件的添加，包括3种添加方法：【无】、【添加后重复】和【添加后生成阵列】。【无】是指重复不添加组件。【添加后重复】是指添加该组件后再重复添加一个或多个。【添加后生成阵列】是指将重复添加的组件进行阵列。
- 名称：用于设置组件的名称，用户可在此文本框中修改组件名称。
- 引用集：包括了程序默认的4个引用集：【模型】、【轻量化】、【整个部件】和【空集】。
- 图层选项：用于设置组件在新图形窗口的层，包括【原先的】、【工作】和【按指定的】3种层定义。【原先的】是指组件将以原来的所在图层作为新窗口中的图层。【工作】是指将组件指定到装配的当前工作层中。【按指定的】是指将组件指定到任何一个图层中，并可在下方的【图层】文本框中输入指定的层号。

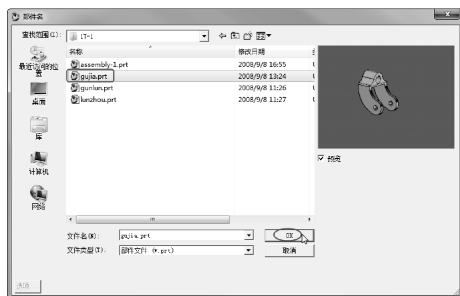
要进行虚拟装配设计，需要先创建一个装配文件。一般情况下，自底向上进行装配设计时，直接选择装配模板来创建文件。

## 上机操作——自底向上装配设计

**01** 单击【新建】按钮，弹出【新建】对话框。在此对话框中选择【装配】模板，并在【名称】文本框内输入新文件名【assembly－1. prt】，单击【确定】按钮，完成装配文件的创建，如图7-3所示。

**02** 随后弹出【添加组件】对话框。单击对话框中的【打开】按钮，然后将【7－1】文件夹中的【gujia. prt】组件文件打开，如图7-4所示。


图7-3　选择装配模板以创建装配文件


图7-4　打开组件文件

**03** 打开此组件文件后，程序自动弹出【组件预览】对话框，如图7-5所示。

**04** 在对话框的【放置】选项区的【定位】下拉列表中选择【绝对原点】选项，在【设置】选项区的【引用集】下拉列表中选择【模型】，如图7-6所示。

**05** 单击对话框中【应用】按钮，打开的第1个组件被自动添加到装配体文件中，且基准坐标系与绝对坐标系自动重合，如图7-7所示。

**06** 单击对话框中的【打开】按钮，然后将本例文件夹中的【gunlun. prt】组件文件打开，随后弹出该组件的【组件预览】对话框，如图 7-8 所示。

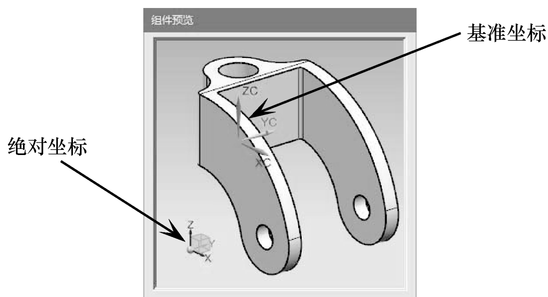



图 7-5 【组件预览】对话框




图 7-6 设置组件约束和引用集

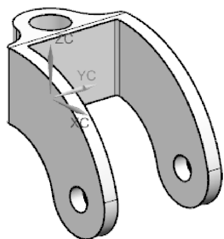



图 7-7 添加的第 1 个组件

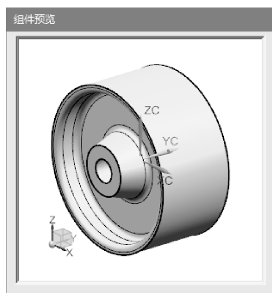



图 7-8 【组件预览】对话框

**07** 在对话框的【放置】选项区的【定位】下拉列表中选择【移动】选项，然后单击【应用】按钮，弹出【点】对话框，如图 7-9 所示。

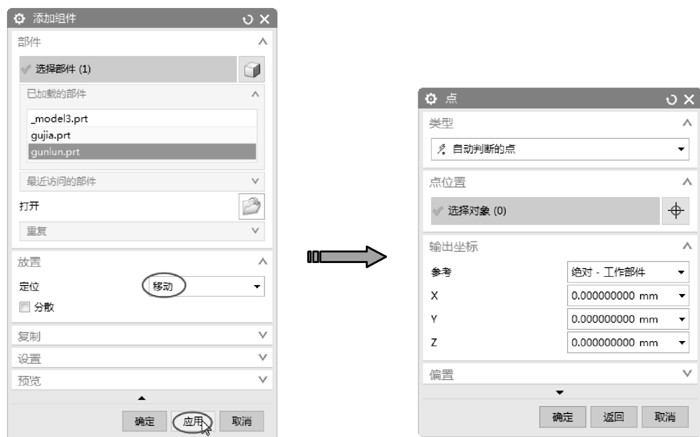



图 7-9 设置组件的定位方式

**08** 按信息提示，选择第 1 组件上小圆孔的圆心作为移动参考点，如图 7-10 所示。

**09** 选择参考点后，随即弹出【移动组件】对话框，如图 7-11 所示。



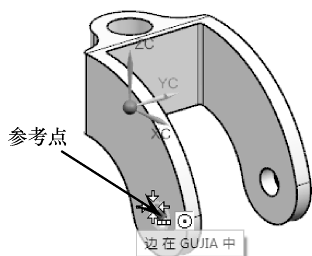


图 7-10　选择装配参考点



图 7-11　【移动组件】对话框

**10**　在图形区中单击第 2 组件的动态坐标系的 YC 轴手柄，并在弹出的移动尺寸文本框内输入【距离】值为 35，然后单击【移动组件】对话框中【确定】按钮，完成第 2 个组件的装配，如图 7-12 所示。

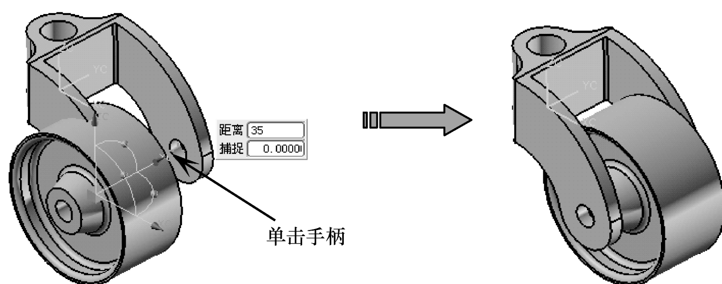


图 7-12　完成第 2 个组件的装配

**11**　在【添加组件】对话框中再次单击【打开】按钮，将本例文件夹中的【lunzhou. prt】组件文件打开，弹出第 3 个组件的【组件预览】对话框，如图 7-13 所示。

**12**　在【放置】选项区中选择【移动】选项，然后单击【应用】按钮，如图 7-14 所示。

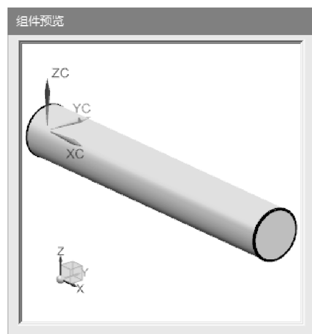


图 7-13　第 3 个组件的预览



图 7-14　选择【移动】定位方式

**13**　随后弹出【点】对话框，接着在第 1 个组件上选择小圆孔的圆心作为移动参考点，

选择参考点后，第 3 个组件即添加到装配文件中，如图 7-15 所示。

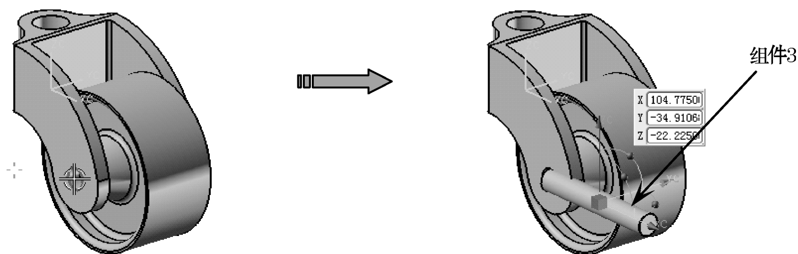



图 7-15　选择移动参考点

**14** 接着弹出【移动组件】对话框，在此对话框中选择【绕轴旋转】类型，然后按信息提示在图形区中选择旋转轴，如图 7-16 所示。

**15** 激活【旋转轴】选项区的【指定点】命令，然后选择第 3 组件的端面圆心作为旋转点，如图 7-17 所示。

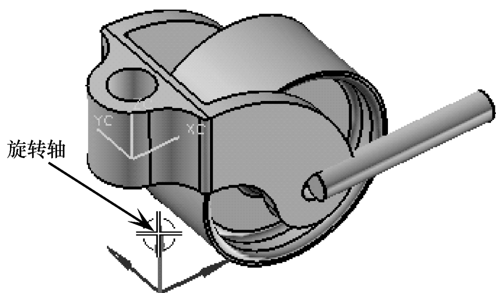



图 7-16　选择旋转轴

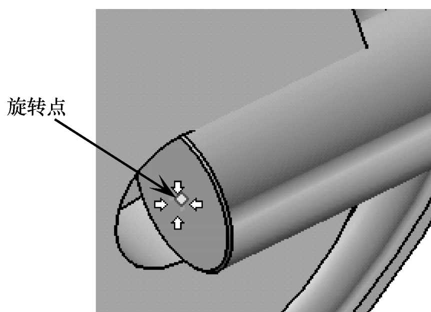



图 7-17　选择旋转点

**16** 在【绕轴的角度】选项区中输入角度值为 90，然后按下【Enter】键以确认，第 3 组件自动旋转 90°，如图 7-18 所示。

**17** 在【移动组件】对话框中选择【动态】类型，然后单击动态坐标系的 YC 轴手柄，并在弹出的尺寸文本框中输入【距离】值为 −5，按下【Enter】键确认，第 3 组件即移动，如图 7-19 所示。

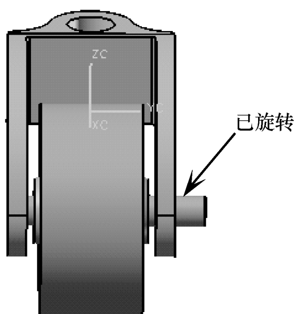



图 7-18　旋转组件 3

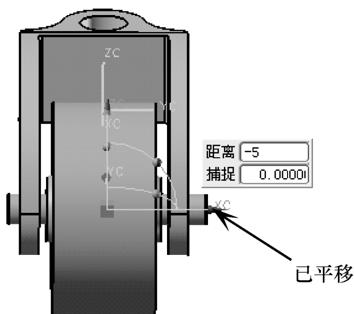



图 7-19　平移组件 3

**18** 单击【移动组件】对话框中的【确定】按钮，接着单击【移动组件】对话框的【取消】按钮，完成装配设计并结束操作。装配设计结果如图 7-20 所示。

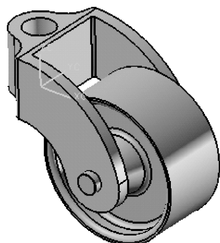


图 7-20　完成装配设计



### 7.1.3　自顶向下装配

自顶向下装配使用的工具命令是【新建组件】。【新建组件】可通过选择几何体将其保存为组件，或者在装配中创建组件。自顶向下装配设计包括两种设计模式：由分到总和由总至分。

**1. 由分到总设计模式**

这种模式先在建模环境下设计好模型，然后将创建好的模型全部链接为装配部件。

下面以实例详解由分到总的装配设计模式。

#### 上机操作——由分到总设计模式

**01**　打开文件【实训操作\源文件\Ch07\7－2\xiaoche. prt】，如图 7-21 所示。

**02**　在【装配】选项卡中单击【新建组件】按钮，弹出【新建文件】对话框，在此对话框中选择装配模板以创建装配文件，然后输入新的文件名【chejia. prt】，单击【确定】按钮，弹出【新建组件】对话框，如图 7-22 所示。

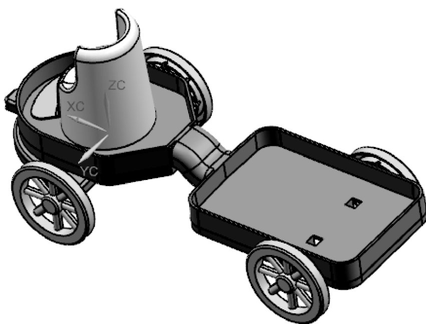



图 7-21　打开源文件

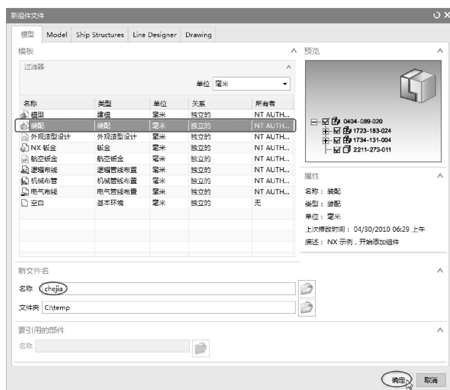



图 7-22　新建组件

**03**　按信息提示选择整个模型中的其中一个实体特征作为新组件，如图 7-23 所示。

**04**　保留对话框的默认设置，单击【确定】按钮，完成第 1 个组件的创建，同时，程序自动创建原模型文件作为总装配文件，而新建的组件则成为其子文件。

**05**　同理，在【装配】选项卡中单击【新建组件】按钮，接着创建新组件文件，并为其添加对象。最终，按此方法完成模型中其余组件的创建，在装配导航器中可查看总装配文件创建完成的结果，如图 7-24 所示。




图 7-23　为新组件选择所属对象

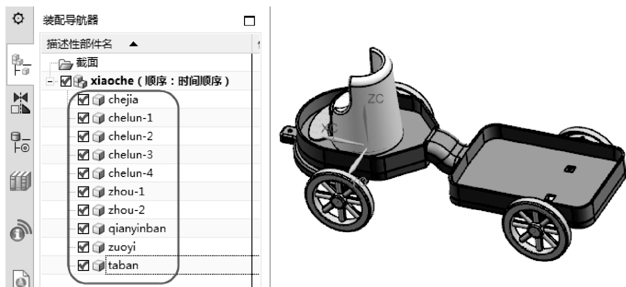



图 7-24　自顶向下装配设计结果

### 2. 由总至分模式

由总至分模式先创建一个空的总装配文件，然后再依次创建多个新的装配文件，且这些新装配文件将成为总装配文件的子文件，最后将子文件设为工作部件，即可使用建模环境中的建模功能来创建组件模型。

此种模式与前一种模式所不同的是，当打开【新建组件】对话框后，不再选择特征作为组件，而是直接单击该对话框中【确定】按钮，生成一个空的子装配文件，将此空文件设为工作部件后，接下来就可以进行组件的实体造型设计了，如图 7-25 所示。

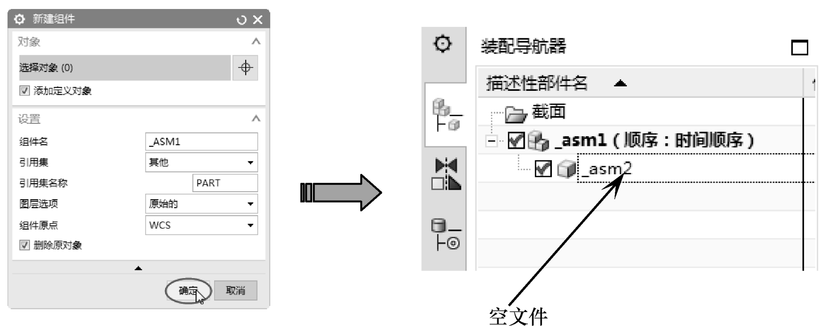



图 7-25　创建空的子装配文件

| 技巧点拨 | 在进行此项工作前，应将程序安装目录下的 UG Ⅱ 中的公制缺省文件【ug_metric. def】中的参数 Assemblies Allow interpart 设置为 Yes，否则将不能进行后续操作。 |
| --- | --- |

# 7.2 编辑组件

将组件添加到装配后，可对其进行替换、移动、属性编辑、抑制、阵列和重新定位等编辑。下面介绍实现各种编辑的方法和过程。

除了在【装配】选项卡中使用对组件的编辑工具外，还可在【装配导航器】中或绘图工作区中执行右键菜单命令，在弹出的快捷菜单中使用相关的编辑工具，如图7-26所示。

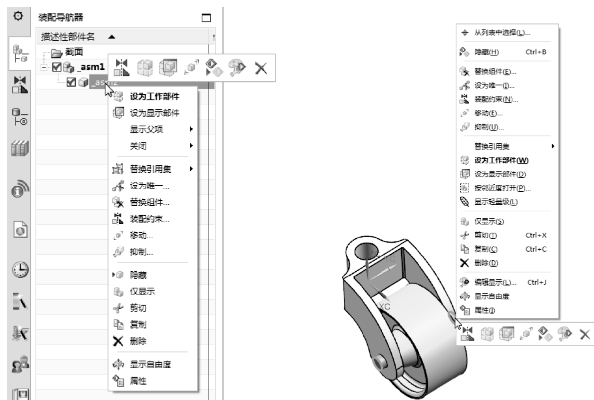


图7-26 编辑组件的右键菜单命令

##  7.2.1 新建父对象

【新建父对象】可为当前显示的总装配部件文件再创建一个新的父部件文件。在【装配】选项卡中单击【新建父对象】按钮，弹出【新建父对象】对话框，输入父对象的名称及存放路径，单击【确定】按钮，即可创建一个新的父对象，如图7-27所示。

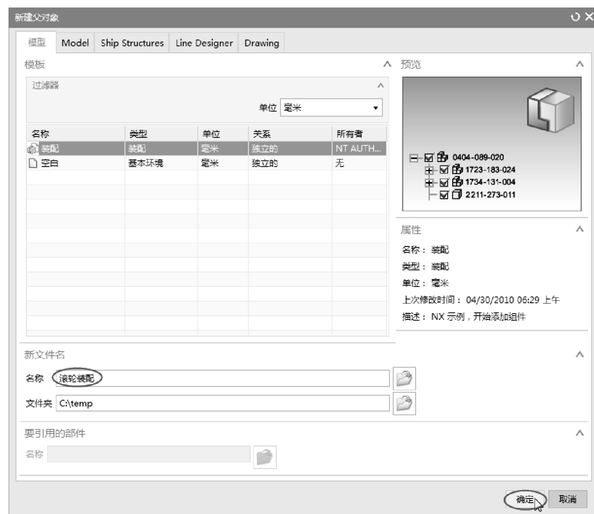


图7-27 新建父部件文件

从装配导航器中可以看见新建的父部件文件，如图7-28所示。

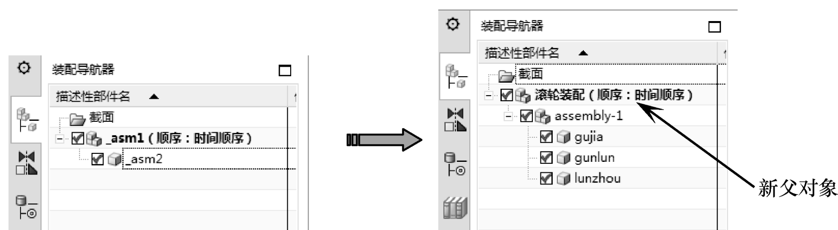


图 7-28　导航器中的新父部件文件





## 7.2.2　阵列组件



图 7-29　【阵列组件】对话框

【阵列组件】就是将组件复制到矩形或圆形图样中。在【装配】选项卡中单击【阵列组件】按钮，弹出【类选择】对话框，选择一个要阵列的组件，单击【确定】按钮，弹出【阵列组件】对话框，如图 7-29 所示。

此对话框中含有 3 种阵列定义的布局选项，其含义如下。

- 参考：自定义的布局方式。
- 线形：以线形布局的方式进行阵列。
- 圆形：以圆形布局的方式进行阵列。

### 上机操作——创建组件阵列

**01**　打开本例源文件【zhuangpei. prt】。

**02**　在【装配】选项卡中单击【阵列组件】按钮，打开【类选择】对话框。

**03**　单击【类选择】对话框中【确定】按钮，弹出【阵列组件】对话框，按信息提示选择装配体中的螺钉组件作为阵列对象，如图 7-30 所示。

**04**　选中【阵列组件】对话框中的【圆形】布局，如图 7-31 所示。

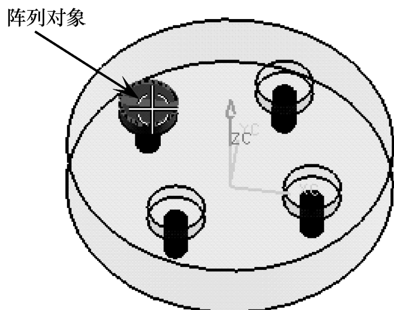


图 7-30　选择阵列对象



图 7-31　选择阵列类型

**05**　指定旋转轴。激活【指定矢量】命令，选择 Z 轴作为旋转轴，激活【指定点】命令，选择坐标系原点作为旋转点，如图 7-32 所示。

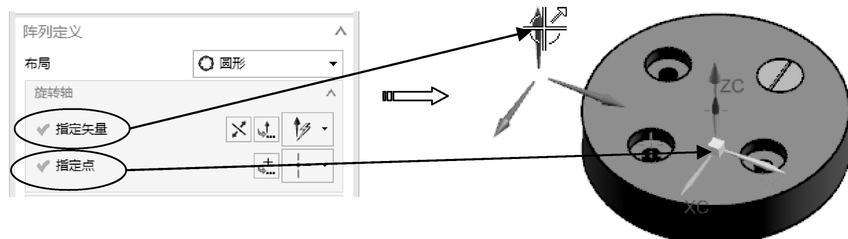



图 7-32　选择旋转轴

**06** 选择旋转轴后，【创建圆形阵列】对话框的参数设置被自动激活。按信息提示输入【数量】值为 4，【节距角】值为 90，最后单击【确定】按钮，完成组件的阵列操作，如图 7-33 所示。

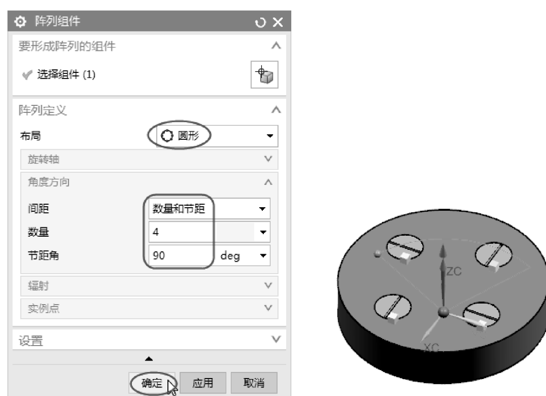



图 7-33　完成组件的阵列



## 7.2.3　替换组件

【替换组件】可将一个组件替换为另一个组件。在【装配】选项卡中单击【替换组件】按钮，弹出【替换组件】对话框，如图 7-34 所示。

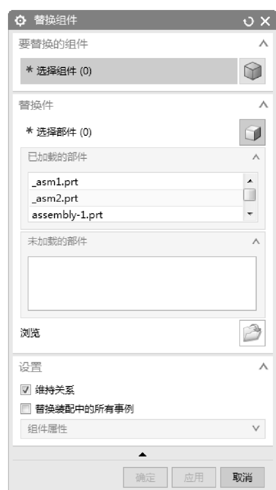



图 7-34　【替换组件】对话框

对话框中各选项含义如下。

- 要替换的组件：即将被替换的组件。
- 替换件：用来替换的组件。
- 浏览：用于选择并打开替换部件。
- 维持关系：保留替换与被替换组件之间的关联关系。
- 替换装配中的所有事例：若勾选此项，将替换掉与被替换组件呈阵列关系的组件。

### 上机操作——替换组件

**01** 打开文件【zhuangpei. prt】。

**02** 在【装配】选项卡中单击【替换组件】按钮，弹出【替换组件】对话框。

**03** 按信息提示，选择装配体中的螺栓组件作为要替换的组件，如图 7-35 所示。

**04** 在【替换部件】选项区中激活【选择部件】命令，单击【浏览】按钮，然后将本例文件夹中的【luosuan－1. prt】组件文件打开，打开后该组件被自动收集到【未加载部件】列表框中，如图 7-36 所示。

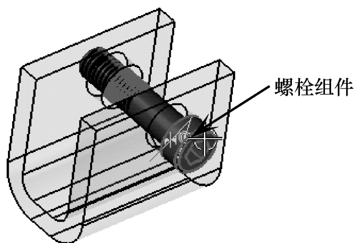



图 7-35　选择要替换的组件




图 7-36　打开替换组件文件

**05** 保留对话框中其余选项的默认设置，单击【确定】按钮，完成螺栓组件的替换，如图 7-37 所示。

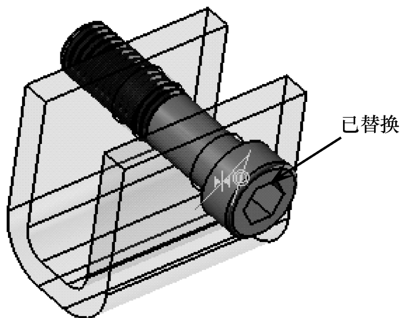



图 7-37　完成螺栓组件的替换



## 7. 2. 4　移动组件

【移动组件】可移动装配中的组件。在【装配】选项卡中单击【移动组件】按钮，弹出【移动组件】对话框，如图 7-38 所示。

该对话框中包含有多种组件移动的类型，这些类型及相关选项的含义如下。



图 7-38 【移动组件】对话框

- 动态：动态地平移或旋转组件的基准参照坐标系，使组件随着基准坐标系位置变换而移动。
- 通过约束：通过装配约束的方法移动组件。
- 点到点：选择一个点作为位置起点，再选择一个点作为位置目标点，使组件平移。
- 平移：采用输入增量值的方法移动组件。
- 沿矢量：以矢量作为移动方向，并在矢量方向上加以一定的距离，使组件移动。
- 绕轴旋转：绕指定的轴旋转从而移动组件。
- 两轴之间：以两个矢量作为组件的从方向和目标方向，再确定一个旋转点，使组件绕点旋转。
- 重定位：从自身基准坐标系到新指定的基准坐标系，为组件重定位。
- 使用点旋转：指定一个旋转轴，再以两个点作为旋转起点和终点，以旋转组件。
- 复制：设置是否复制要移动的组件，包括【无复制】、【复制】、【手动复制】3 个选项。
- 仅移动选定的组件：若勾选，则仅移动选定的组件。

移动组件的具体操作过程在前面进行自底向上装配设计时已介绍过，本节不作介绍。



## 7.2.5 装配约束

【装配约束】通过约束组件的装配关系，以确定组件在装配中的相对位置。装配约束条件由一个或多个关联约束组成，关联约束限制组件在装配中的自由度。在【装配】选项卡中单击【装配约束】按钮，弹出【装配约束】对话框，如图 7-39 所示。

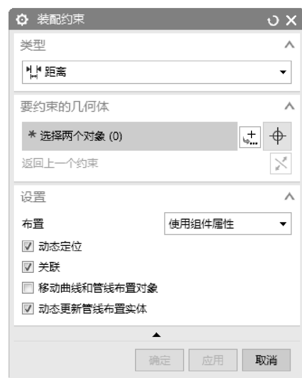


图 7-39 【装配约束】对话框

对话框中【设置】选项区中选项含义如下。

- 布置：设置在选择约束对象时可使用的组件属性，包括【使用组件属性】和【应用到已使用的】两个选项。
- 动态定位：勾选此复选框，可对组件进行动态定位。
- 关联：勾选此复选框，约束后的组件与原先没约束的组件有父子关联关系。
- 移动曲线和管线布置对象：勾选此复选框，即可移动装配中的曲线和管线布置对象。
- 动态更新管线布置实体：勾选此复选框，即可动态更新管线布置实体。

在【装配约束】对话框中包含了 10 种装配约束类型，包括角度约束、中心约束、胶合约束、适合约束、接触对齐约束、同心约束、距离约束、固定约束、平行约束、垂直约束等。

**1. 角度约束**

角度约束是子装配组件与父装配部件呈一定角度的约束。角度约束可以在两个具有方向

矢量的对象间产生，角度是两个方向矢量的夹角。这种约束允许关联不同类型的对象，例如可以在面和边缘之间指定一个角度约束。

角度约束有两种类型：方向角度和3D。方向角度类型需要确定3个约束对象即旋转轴、第一对象和第二对象。3D类型不需要旋转轴，只需选择两个约束对象，程序会自动判断出其角度，在角度值文本框内输入一定角度后，即可约束组件。以3D类型进行角度约束的示例如图7-40所示。

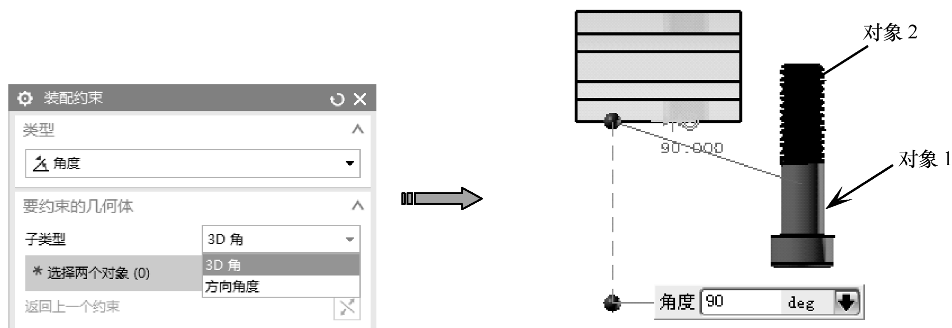



图7-40　3D类型的角度约束

## 2. 中心约束

中心约束将选择两个对象的中心或轴，使其中心对齐或轴重合。【中心约束】选项设置如图7-41所示。其选项含义如下。

- 子类型：即组件内部特征，如点、线、面等，包括3种子类型。
- 1对2：选择子组件（要进行约束并产生移动的组件）上的1个特征和父部件（固定不动的组件）上的2个特征来作为约束对象。
- 2对1：选择子组件上的两个特征和父部件上的1个特征作为约束对象。
- 2对2：是指选择子组件上的两个特征和父部件上的两个特征作为约束对象。
- 轴向几何体：即约束对象，包括【使用几何体】和【自动判断中心或轴】两种约束对象的选择方式。

## 3. 胶合约束

胶合约束是一种不作任何平移、旋转、对齐的装配约束，以默认的当前位置作为组件的位置状态。【胶合约束】选项设置如图7-42所示，当选择要约束的组件对象后，单击【创建约束】按钮，即可创建胶合约束。

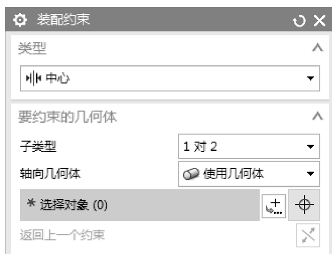



图7-41　【中心】约束




图7-42　【胶合】约束

## 4. 适合约束

适合类约束适用于两个约束对象大小相等的情况，如装配销钉至零件的孔上，销钉的直

径与孔的直径必须相等。使用适合约束装配组件的示例如图 7-43 所示。

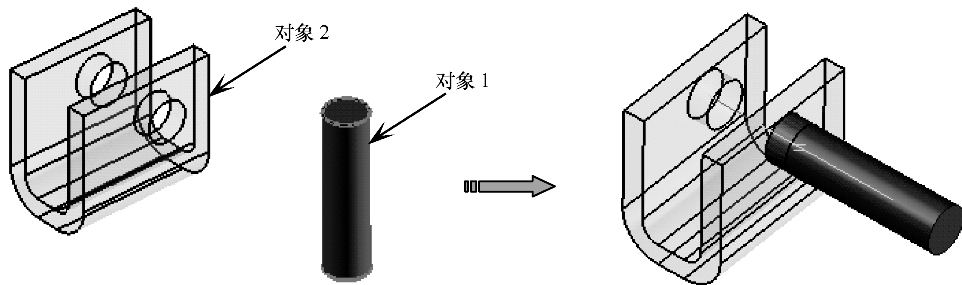


图 7-43　适合约束组件

### 5. 接触对齐约束

接触对齐约束实际上是两个约束，接触约束和对齐约束。【接触】是指约束对象贴着约束对象。【对齐】是指约束对象与约束对象对齐，在同一个点、线或平面上。

| 技巧点拨 | 对齐约束对象只能是组件上的点、线、面。 |
| --- | --- |

接触对齐约束的选项设置如图 7-44 所示，该约束类型包括 4 种方位选项：【首选接触】【接触】【对齐】和【自动判断中心/轴】。

- 首选接触：此选项既包含接触约束，又包含对齐约束，但首先对约束对象进行接触约束。
- 接触：仅仅是接触约束。
- 对齐：仅仅是对齐约束。
- 自动判断中心/轴：自动将约束对象的中心或轴进行对齐或接触约束。

### 6. 同心约束

同心约束将约束对象的圆心进行同心约束，此类约束适合于轴类零件的装配。操作时，只需选择两约束对象的圆心即可。

### 7. 距离约束

距离约束主要是调整组件在装配中的定位。距离约束选项设置如图 7-45 所示。当从配对组件上选择一个对象（点、线或面），并在父部件上选择另一个约束对象后，用户可在弹出的【距离】文本框中输入值，使组件得以重定位。



图 7-44　【接触对齐】约束



图 7-45　【距离】约束

8. 固定约束

固定约束与胶合约束类似，都是将组件固定在装配中一个位置上，不再进行其他类型的约束。

9. 平行约束

该约束类型可约束两个对象的方向矢量彼此平行，操作步骤与接触约束相似。

10. 垂直约束

该约束类型可约束两个对象的方向矢量彼此垂直，操作步骤与接触约束相似。

## 上机操作——装配约束

**01** 打开文件【Ch07 \ 7－5 \ zhuangpeiti. prt】，如图 7-46 所示。

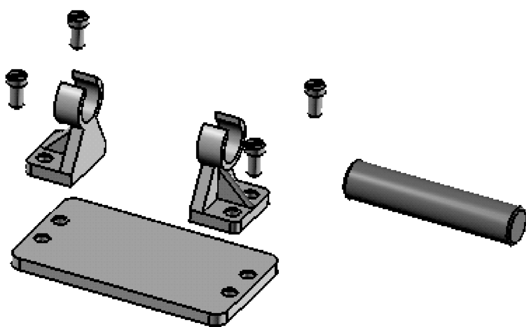


图 7-46 装配体模型

**02** 在【装配】选项卡中单击【装配约束】按钮，打开【装配约束】对话框。

**03** 在对话框中选择约束类型为【接触对齐】，在图形区中选择支架的底面作为第 1 对象，再选择底座上表面作为第 2 对象，如图 7-47 所示。

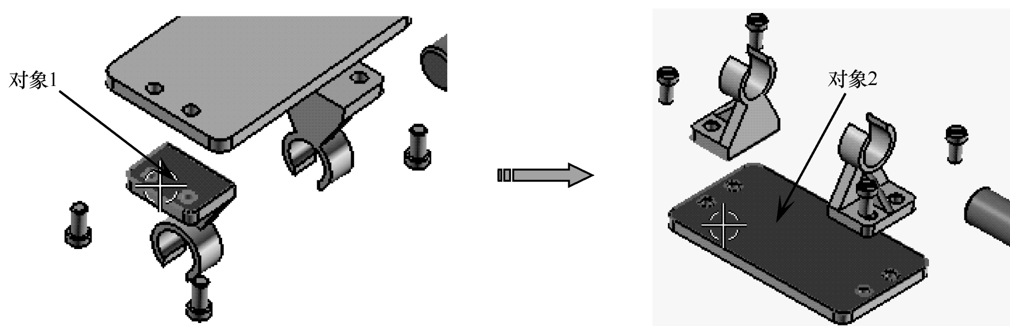



图 7-47 设置凸台参数并选择放置面

**04** 支架组件自动与底座组件接触，如图 7-48 所示。

**05** 在对话框中选择【同心】约束类型，接着选择支架上螺纹孔边界作为同心约束对象 1，如图 7-49 所示。

**06** 选择底座上与支架螺纹孔相对应的螺纹孔边界作为同心约束对象 2，如图 7-50 所示。

**07** 随后两个孔自动进行同心约束，约束后显示约束符号，表示已进行约束，如图 7-51 所示。

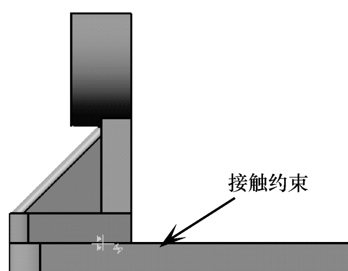


图 7-48 支架与底座接触

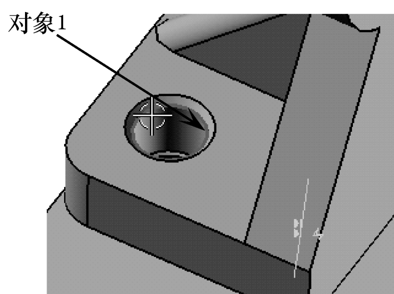


图 7-49 选择同心约束对象 1

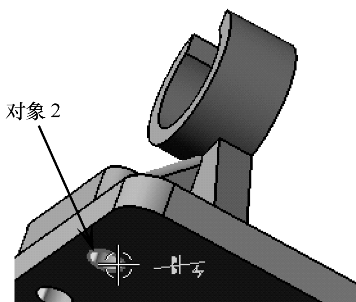


图 7-50 选择同心约束对象 2

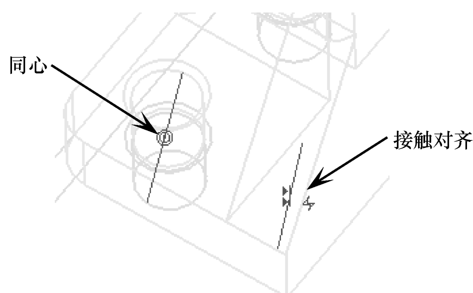


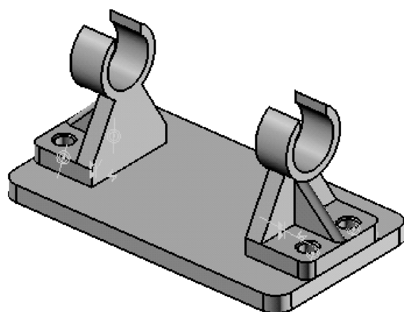
图 7-51 显示约束符号

**08** 接着将支架与底座的另一个螺纹孔同心约束。

**09** 同理，照此方法将另一支架与底座接触对齐约束和同心约束。装配约束结果如图 7-52 所示。

| 技巧点拨 | 支架约束完成后，接着来装配约束螺钉，装配模型中共有 4 个相同的螺钉，因此，装配约束其中一个，其余的按此方法操作即可。 |
| --- | --- |

**10** 在对话框中选择【适合】约束类型，然后依次选择螺钉螺纹面和支架螺纹孔面作为约束对象 1 与约束对象 2，如图 7-53 所示。


图 7-52 支架与底座的完全约束

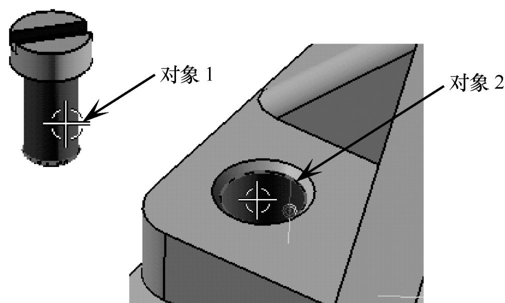


图 7-53 选择适合约束的两个约束对象

**11** 随后螺钉与支架螺纹孔进行适合约束，如图 7-54 所示。

**12** 在对话框中选择【接触对齐】约束类型，然后选择螺钉头部下端面和支架上表面作为约束对象 1 与约束对象 2，如图 7-55 所示。

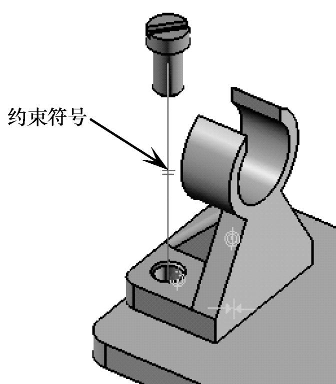



图 7-54　螺钉与螺纹孔的适合约束

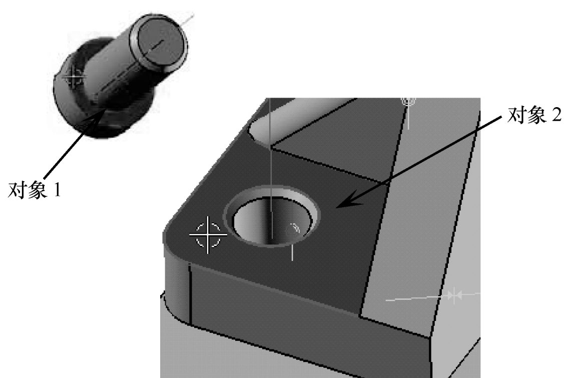



图 7-55　选择接触约束对象

**13** 随后螺钉与支架表面进行接触约束，结果如图 7-56 所示。

**14** 同理，将其余 3 个螺钉按此方法进行装配约束，装配约束结果如图 7-57 所示。

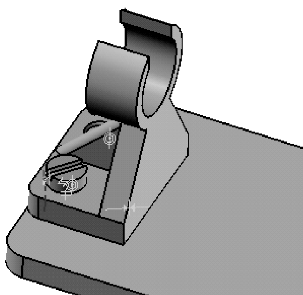


图 7-56　螺钉与支架的接触约束

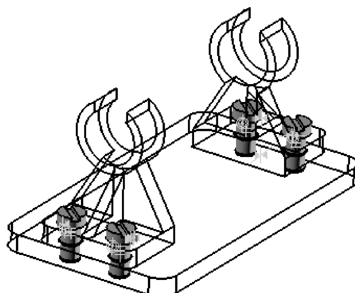


图 7-57　所有螺钉的接触约束

**15** 所有螺钉都进行装配约束后，还要对圆柱进行装配约束。在【装配约束】对话框中选择【接触对齐】约束类型，在【方位】下拉列表中选择【接触】选项。

**16** 按信息提示选择圆柱的圆弧表面作为第 1 对象，再选择支架上的内圆弧面作为第 2 对象，如图 7-58 所示。

**17** 在对话框的【方位】下拉列表中选择【对齐】选项，然后依次选择圆柱端面和支架侧面作为约束对象 1 和约束对象 2，如图 7-59 所示。

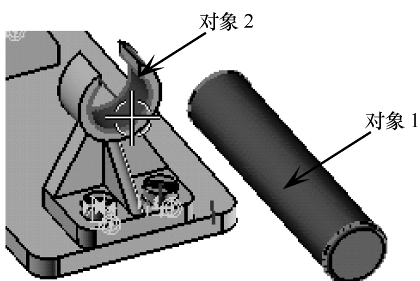



图 7-58　选择接触约束对象

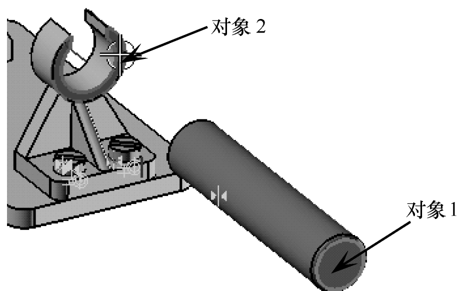



图 7-59　选择对齐约束对象

**18** 最终完成支架组件所有装配约束的结果如图 7-60 所示。

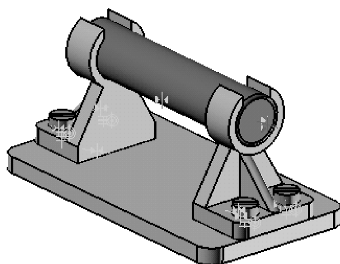


图 7-60　完成所有装配约束

##  7.2.6　镜像装配

【镜像装配】可为整个装配体或单个装配组件创建出镜像装配。在【装配】选项卡中单击【镜像装配】按钮，弹出【镜像装配向导】对话框，如图 7-61 所示。




图 7-61　【镜像装配向导】对话框

装配体或装配组件的镜像操作与建模环境下的镜像体操作类似。

###  上机操作——镜像装配组件 

**01**　打开文件【Ch07\7-6\jingxiang.prt】。

**02**　在【装配】选项卡中单击【镜像装配】按钮，弹出【镜像装配向导】对话框。

**03**　单击该对话框中的【下一步】按钮，此时该对话框出现操作信息提示【希望镜像哪个组件?】，接着选择整个装配体的所有组件作为镜像的对象，选择的装配对象被自动添加进对话框的【选定的组件】列表框中，如图 7-62 所示。

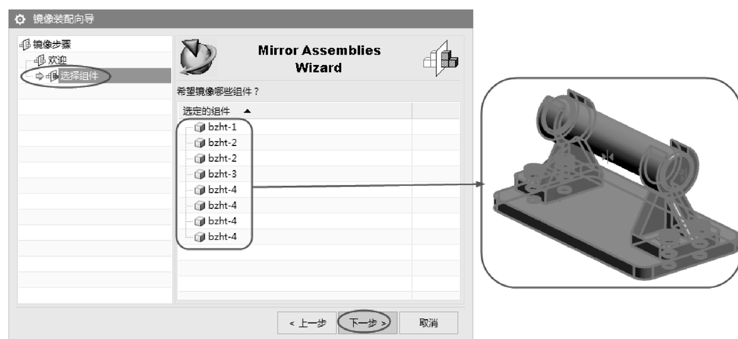



图 7-62　选择镜像对象

**04** 选择镜像对象后单击【下一步】按钮，随后对话框中出现操作信息提示【希望使用哪个平面作为镜像平面?】。单击对话框中的【创建基准平面】按钮，弹出【基准平面】对话框，如图 7-63 所示。




图 7-63　创建基准平面

**05** 在【基准平面】对话框中选择【XC-ZC 平面】类型，并输入偏置【距离】为－10，如图 7-64 所示。

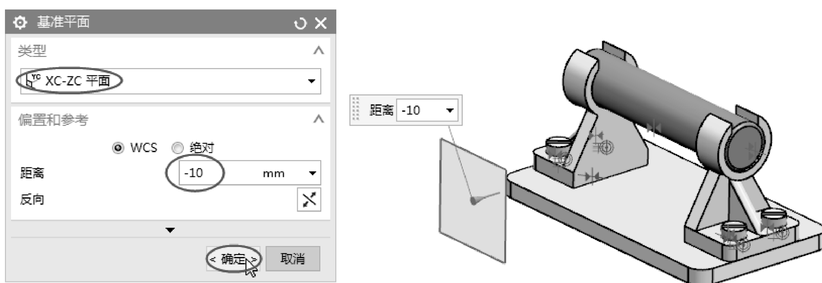



图 7-64　创建镜像平面

**06** 单击【基准平面】对话框中【确定】按钮，返回【镜像装配向导】对话框，单击该对话框中【下一步】|【下一步】按钮，此时【镜像装配向导】对话框中提示【希望使用什么类型的镜像?】，如图 7-65 所示。




图 7-65　提示选择镜像类型

**07** 保留默认的镜像类型，单击【下一步】按钮，程序自动创建出镜像的装配体，如图 7-66 所示。



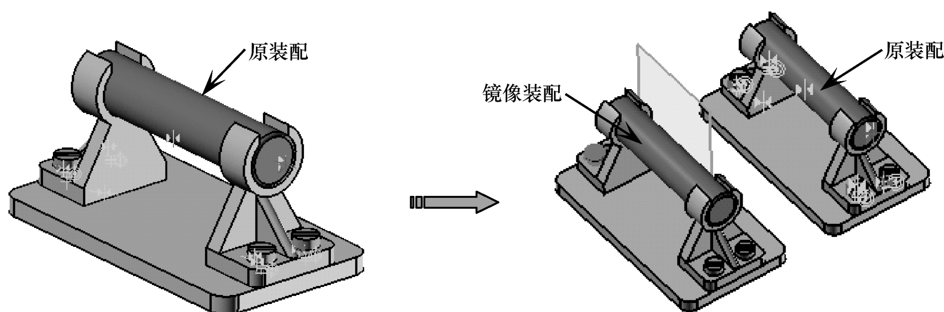



图 7-66　创建出镜像装配体

**08**　创建镜像装配体后，对话框中显示操作提示【您希望如何定位镜像的实例?】，保留默认的设置，单击对话框中【完成】按钮，退出镜像装配操作，如图 7-67 所示。




图 7-67　结束镜像装配操作



## 7.2.7　抑制组件和取消抑制组件

【抑制组件】可将显示部件中的组件及其子组件移除。抑制组件并非删除组件，组件的数据仍然保留在装配中，只是不执行一些装配功能。反之，要想将抑制的组件显示，则使用【取消抑制组件】即可。



## 7.2.8　WAVE 几何链接器

在装配环境下进行装配设计，组件与组件之间是不能直接作布尔运算的，因此需要将这些组件进行链接复制，并生成一个新的实体，此实体并非装配组件，而是与建模环境下创建的实体类型相同。

在【装配】选项卡【常规】组中单击【WAVE 几何链接器】按钮，弹出【WAVE 几何链接器】对话框，如图 7-68 所示。

| 技巧点拨 | 【WAVE 几何链接器】功能是一个复制工具，与建模环境中的【抽取几何特征】命令类似。不同的是，前者是将装配体中的组件模型抽取出来转换成建模实体，后者是直接在建模环境复制实体或特征。 |
|---|---|

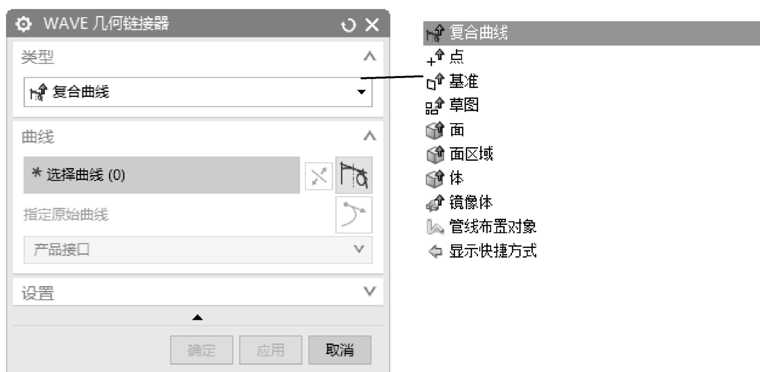



图 7-68 【WAVE 几何链接器】对话框

对话框中包含有 9 种链接类型，这 9 种类型及【设置】选项区中选项含义如下。

- 复合曲线：是指装配中所有组件上的边。
- 点：是指在组件上直接创建出点或点阵。
- 基准：选择组件上的基准平面进行复制。
- 草图：复制组件的草图。
- 面：选择组件上的面进行复制。
- 面区域：选择组件上的面区域进行复制。
- 体：选择单个组件进行复制，并生成实体。
- 镜像体：选择组件进行镜像复制，生成实体。
- 管线布置对象：选择装配中的管路（如机械管线、电气管线、逻辑管线等）进行复制。
- 关联：勾选此复选框，复制的链接体与原组件有关联关系。
- 隐藏原先的：勾选此复选框，原先的组件将被隐藏。
- 固定于当前时间戳记：将关联关系固定在当前时间戳记上。
- 允许自相交：允许复制的曲线自相交。
- 使用父部件的显示属性：将原组件的属性显示于装配中。
- 设为与位置无关：勾选此复选框，链接对象将与装配位置无关联。

## 7.3 爆炸装配

【爆炸装配】可创建与编辑装配模型的爆炸图。装配爆炸图是在装配模型中组件按装配关系偏离原来的位置的拆分图形。创建爆炸图便于用户查看装配中的零件及其相互之间的装配关系。装配模型的爆炸效果图如图 7-69 所示。

爆炸图在本质上也是一个视图，与其他用户定义的视图一样，定义和命名后可以被添加到其他图形中。爆炸图可显示部件关联，并存储在显示部件中。用户可以在任何视图中显示爆炸图形，并对该图形进行任何操作，该操作也将同时影响到非爆炸图中的组件。

单击【装配】选项卡中【爆炸图】按钮，展开【爆炸图】组，该组中包含用于创建或编辑装配爆炸图的工具，如图 7-70 所示。接下来对创建爆炸图的相关工具一一进行介绍。

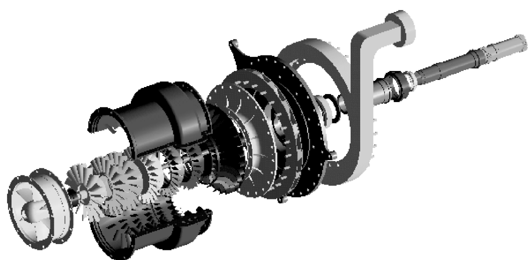


图 7-69　装配模型的爆炸效果图




图 7-70　【爆炸图】组

##  7.3.1　新建爆炸图

【新建爆炸图】可将装配中的组件重定位，生成组件分散图。在【爆炸图】选项卡中单击【新建爆炸图】按钮，弹出【新建爆炸图】对话框，如图 7-71 所示。在对话框中为新的爆炸图命名，单击【确定】按钮，完成爆炸图的创建。




图 7-71　【新建爆炸图】对话框

##  7.3.2　编辑爆炸图

【编辑爆炸图】可在爆炸图中对组件重定位，以达到理想的分散、爆炸效果。在【爆炸图】选项卡中单击【编辑爆炸图】按钮，弹出【编辑爆炸图】对话框，如图 7-72 所示。




图 7-72　【创建爆炸】对话框

对话框中有 3 个单选选项，其含义如下。

- 选择对象：在装配中选择要重定位的组件对象。
- 移动对象：选择组件对象后，选中此单选按钮，即可对该组件进行重定位操作。组件的移动可由输入值来确定，也可拖动坐标手柄直接移动组件。
- 只移动手柄：组件不移动，只移动坐标手柄。

 **上机操作——创建并编辑爆炸图** 

**01**　打开文件【Ch07 \ 7 – 7 \ gunlun. prt】。

**02** 在【爆炸图】选项卡中单击【新建爆炸图】按钮，弹出【新建爆炸图】对话框，在对话框中为新的爆炸图命名，单击【确定】按钮，完成爆炸图的创建。

**03** 在【爆炸图】选项卡中单击【编辑爆炸图】按钮，打开【编辑爆炸图】对话框。

**04** 按信息提示，在装配模型中选择要爆炸的组件，如图7-73所示。

**05** 在对话框中选中【移动对象】单选按钮，如图7-74所示。

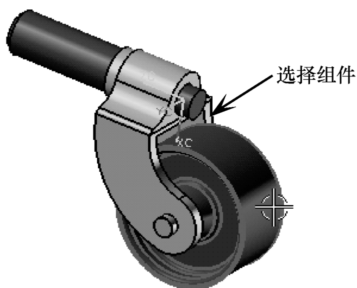


图7-73　选择要爆炸的组件



图7-74　执行【移动对象】命令

**06** 随后在图形区中拖动XC轴方向上的坐标手柄，向下拖动至如图7-75所示的位置，或者在对话框中被激活的选项中输入距离值为80，并按下【Enter】键确认。

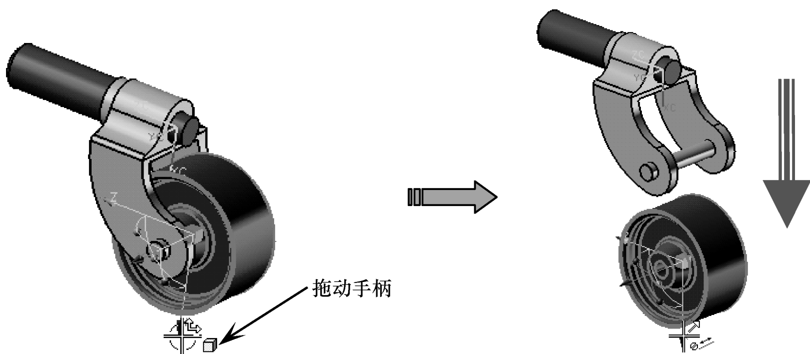


图7-75　拖动手柄至合适位置

**07** 选中【选择对象】单选按钮，按下【Shift】键选择高亮显示的轮子组件，然后选择要爆炸的组件，如图7-76所示。

**08** 选中【移动对象】单选按钮，然后拖动YC轴手柄至如图7-77所示的位置处，或者在文本框中输入距离值为100。

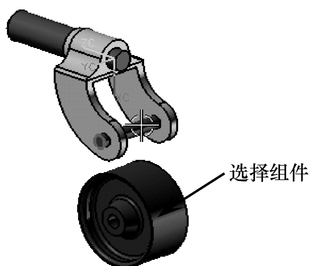


图7-76　选择要爆炸的组件

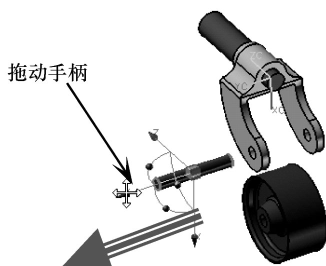


图7-77　拖动手柄至合适位置

**09** 同理，选择轴和垫圈作为要爆炸的组件，并将其重定位，最终编辑完成的爆炸图如图 7-78 所示。

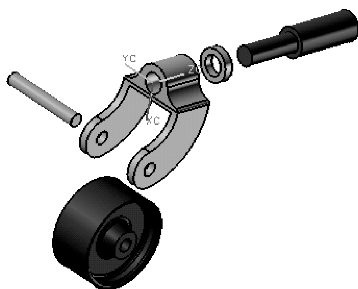


图 7-78 编辑完成的爆炸图

##  7.3.3 自动爆炸组件

【自动爆炸组件】可通过输入统一的自动爆炸组件值，沿每个组件的轴向、径向等矢量方向进行自动爆炸。在图形区中选择要爆炸的组件后，在【爆炸图】选项卡中单击【自动爆炸组件】按钮，弹出【自动爆炸组件】对话框，如图 7-79 所示。

自动爆炸组件的总爆炸距离就等于【距离】文本框中的值，总爆炸距离的说明如图 7-80 所示。

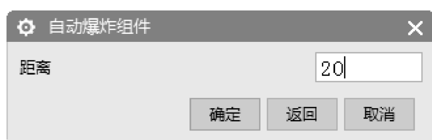



图 7-79 【自动爆炸组件】对话框

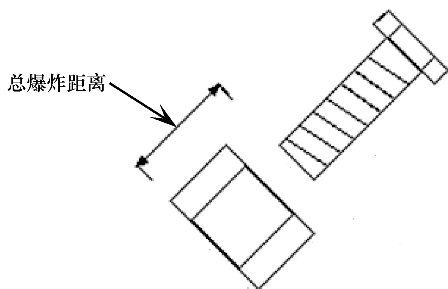



图 7-80 间隙示意图

在【自动爆炸组件】对话框中输入距离值，再单击【确定】按钮，即可创建自动爆炸图，如图 7-81 所示。




图 7-81 创建自动爆炸图

##  7.3.4 取消爆炸组件

【取消爆炸组件】可将组件恢复到未爆炸之前的位置。在图形区中选择要取消爆炸的组

件后，在【爆炸图】选项卡中单击【取消爆炸组件】按钮，即可将爆炸图恢复到组件未爆炸时的位置如图 7-82 所示。

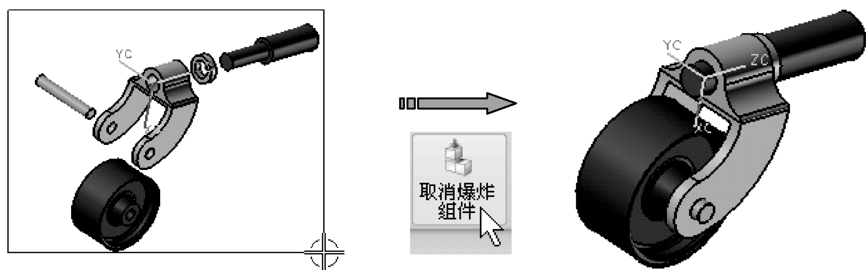


图 7-82　取消爆炸组件



### 7.3.5　删除爆炸图

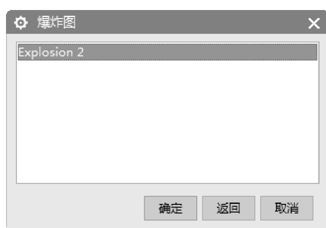


图 7-83　【爆炸图】对话框

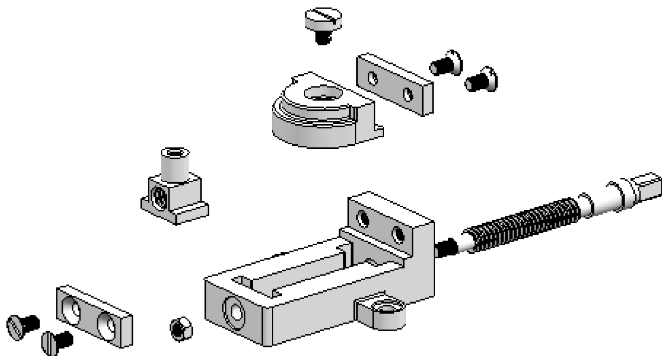
【删除爆炸图】可删除未显示在任何视图中的装配爆炸图。在【爆炸图】选项卡中单击【删除爆炸图】按钮，随后弹出【爆炸图】对话框，对话框中列出了所有爆炸图的名称，在列表框中选择一个爆炸图，单击【确定】按钮，即可删除已建立的爆炸图，如图 7-83 所示。

| 技巧点拨 | 在图形窗口中显示的爆炸图不能直接删除，如果要删除，要先将其复位。 |
|---|---|

## 7.4　装配建模训练——台虎钳装配设计

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch07 \ 台虎钳 . prt
演示视频路径：视频 \ Ch07 \ 台虎钳装配 . avi

本例装配的台虎钳爆炸效果图如图 7-84 所示。


图 7-84　台虎钳装配图

台虎钳主要由两大部分构成，一是钳座，二是活动钳口。因此，装配台虎钳的顺序是，先装配钳座部分，接着装配活动钳口部分，最后再总装配。

**设计步骤：**

**1. 装配钳座**

**01** 新建装配文件，命名为【qianzuo. prt】。

**02** 在打开的【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，然后在【源文件\Ch07\台虎钳】文件中打开【dizuo. prt】文件。

**03** 以【绝对原点】的定位方式，将虎钳底座装配到环境中，如图 7-85 所示。

**04** 单击【打开】按钮，将【qiankouban. prt】文件打开。采用【通过约束】的定位方式，单击【添加组件】对话框的【应用】按钮，打开【装配约束】对话框。在【装配约束】对话框中选择【接触对齐】类型，如图 7-86 所示。

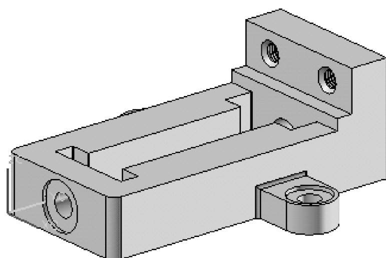
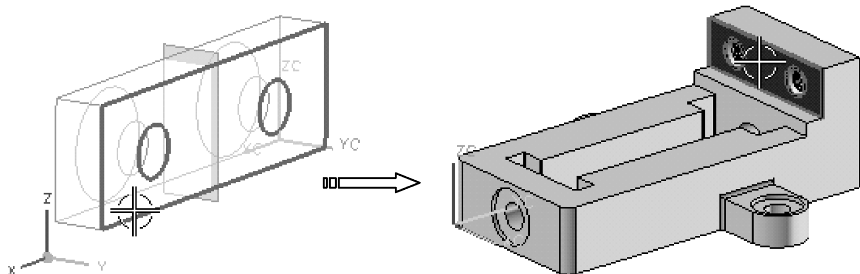

图 7-85 装配虎钳底座

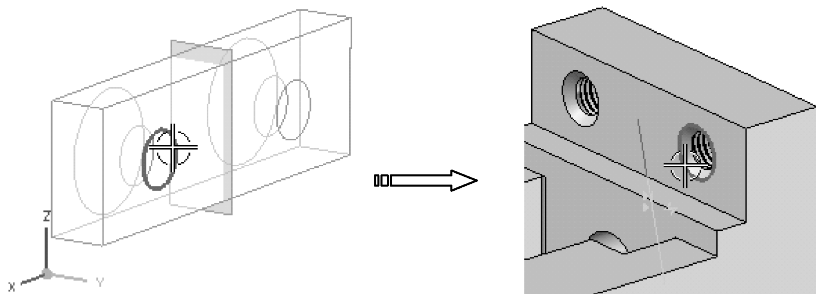


图 7-86 选择装配约束类型

**05** 分别选择钳口板的表面和底座上的表面作为接触约束的两个对象，如图 7-87 所示。


图 7-87 选择接触约束对象

**06** 将约束类型设置为【同心】，然后选择钳口板上一个孔的孔中心和底座上的孔中心作为同心约束的两个对象，如图 7-88 所示。


图 7-88 选择同心约束对象

**07** 选择钳口板上另一个孔的孔中心和底座上的孔中心作为同心约束的两个对象，如图 7-89 所示。

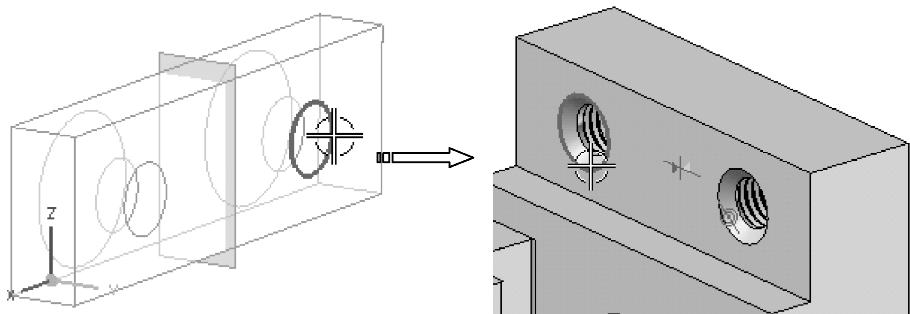


图 7-89　选择同心约束对象

**08** 单击对话框中【确定】按钮，钳口板被装配到底座上，如图 7-90 所示。

**09** 在【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，将 huqian 文件夹中的【luoding. prt】文件打开。

**10** 以【通过约束】的定位方式打开【装配约束】对话框，以【适合】约束类型选择螺钉斜面和钳口板孔的斜面作为适合约束对象，如图 7-91 所示。

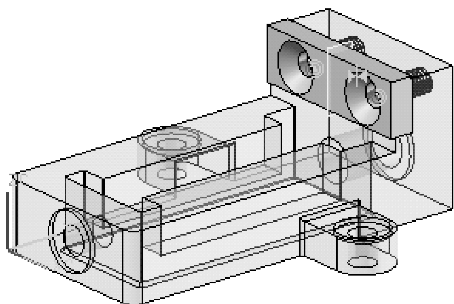


图 7-90　装配钳口板

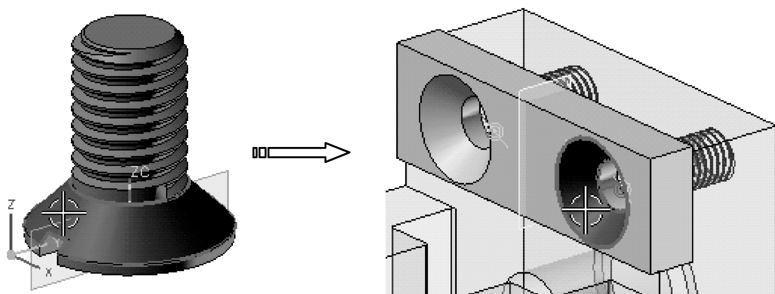


图 7-91　选择适合约束对象

**11** 以【同心】约束类型选择螺钉头顶端面中心和钳口板斜面中心作为同心约束对象，如图 7-92 所示。

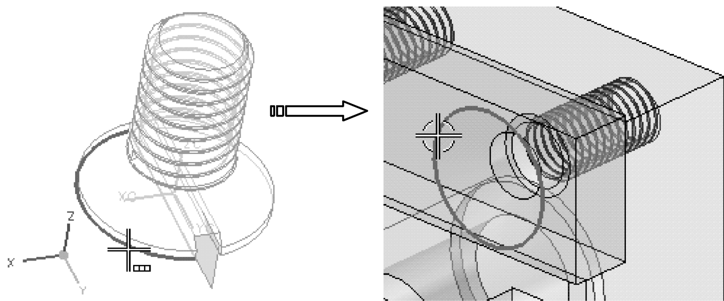
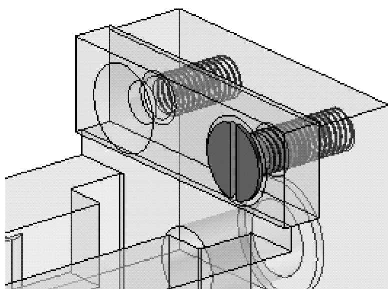
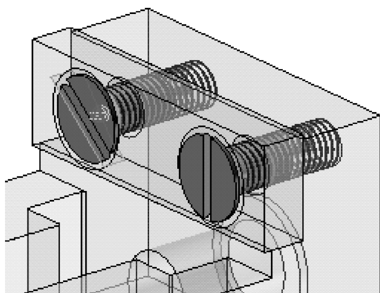


图 7-92　选择同心约束对象

**12** 单击【装配约束】对话框中【确定】按钮，螺钉即被装配到钳口板上，如图 7-93

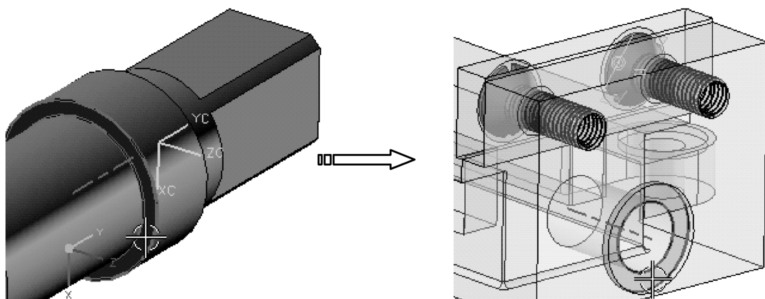
所示。同理，以相同方式再次选择此螺钉组件，并将其装配到钳口板的另一孔上，如图 7-94 所示。


图 7-93 装配第一个螺钉

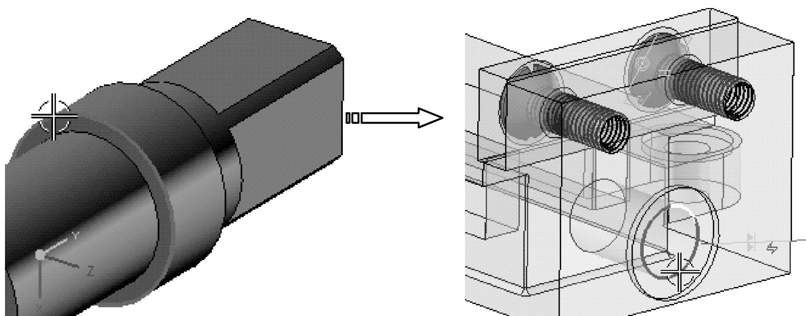

图 7-94 装配第二个螺钉

**13** 在【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，打开【luogan. prt】文件。

**14** 以【通过约束】的定位方式打开【装配约束】对话框，以【接触对齐】约束类型选择螺杆表面和底座螺孔端面作为接触约束对象，如图 7-95 所示。


图 7-95 选择接触约束对象

**15** 以【同心】约束类型选择螺杆圆柱中心和底座螺孔中心作为同心约束对象，如图 7-96 所示。


图 7-96 选择同心约束对象

**16** 单击【装配约束】对话框中【确定】按钮，螺杆即被装配到虎钳底座上，如图 7-97 所示。

**17** 在【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，打开【luomu. prt】文件。

**18** 以【通过约束】的定位方式打开【装配约束】对话框，以【接触对齐】约束类型选择螺母端面和底座螺孔端面作为接触约束对象，如图 7-98 所示。

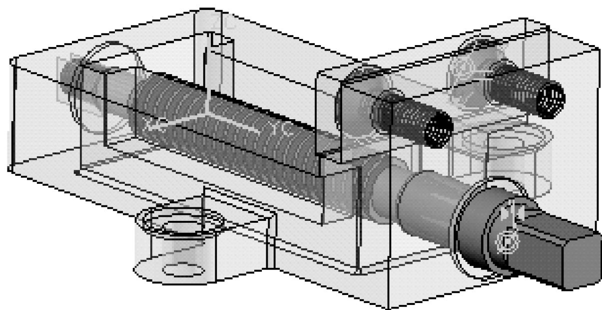


图 7-97　装配螺杆

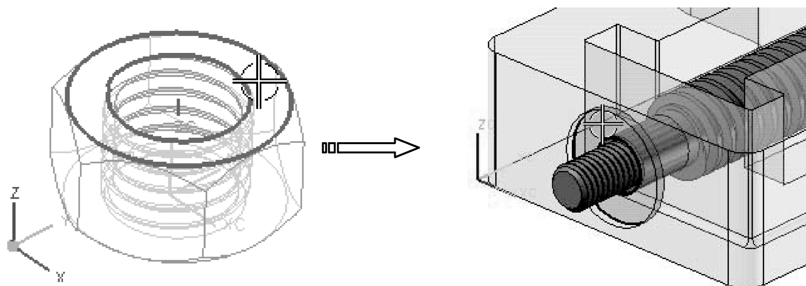


图 7-98　选择接触约束对象

**19**　同理，以【同心】约束类型选择螺母内圆中心和底座螺孔中心作为同心约束对象，并完成螺母的装配。

**20**　在【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，打开【fangkuailuomu. prt】文件。

**21**　以【通过约束】的定位方式打开【装配约束】对话框，以【平行】约束类型选择方块螺母侧面和底座侧面作为平行约束对象，如图 7-99 所示。

**22**　以【距离】约束类型选择方块螺母端面和底座内表面作为距离约束对象，并在【距离】文本框内输入值 60，按下【Enter】键，完成距离约束，如图 7-100 所示。

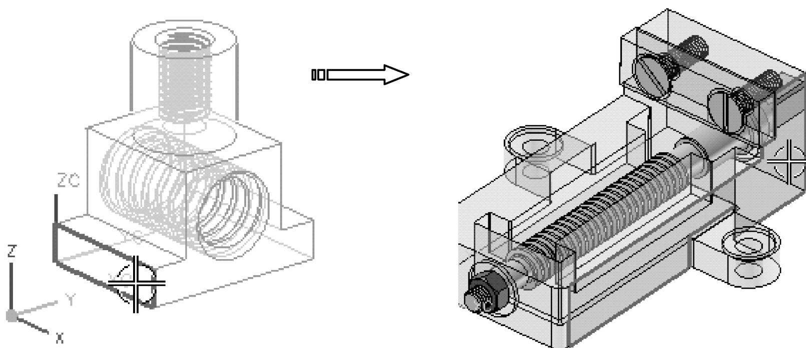


图 7-99　选择平行约束对象

**23**　以【同心】约束类型来选择方块螺母螺孔中心和螺杆中心作为同心约束对象。最后单击【装配约束】对话框中【确定】按钮，方块螺母即被装配到螺杆上，如图 7-101 所示。

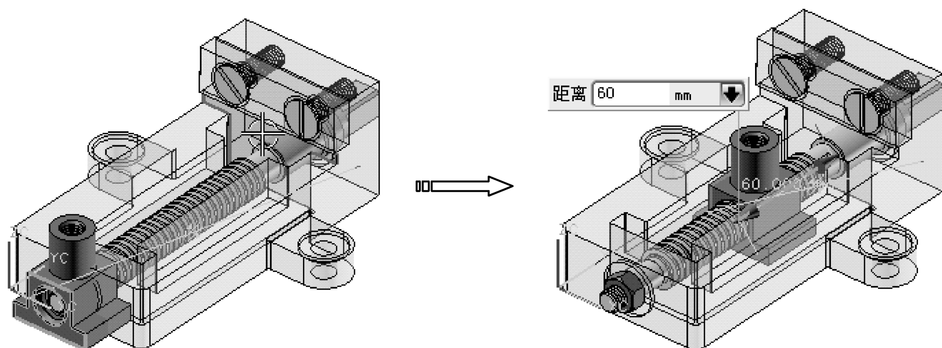
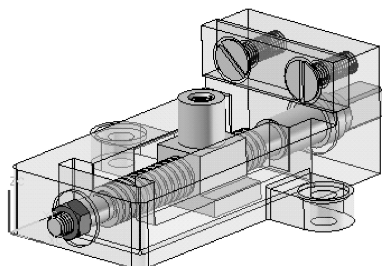
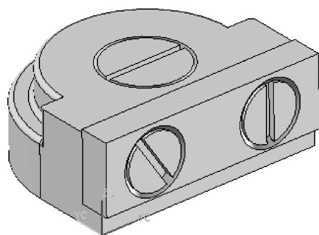


图 7-100　选择距离约束对象

## 2. 装配活动钳口

活动钳口的装配和底座上钳口板、螺钉的装配是完全一样的，需要新建一个装配文件，命名为【huodongqiankou－A. prt】。首先将活动钳口组件装配在环境中，然后装配钳口板、螺钉、沉头螺钉等，装配过程这里就不再重复介绍了。装配完成的活动钳口如图 7-102 所示。


图 7-101　装配方块螺母


图 7-102　装配活动钳口

## 3. 虎钳总装配

**01** 新建一个总装配文件，并命名为【huqian. prt】。

**02** 在弹出的【添加组件】对话框中单击【打开】按钮，然后将【qianzuo. prt】文件与【huodongqiankou－A. prt】文件同时打开，采用【通过约束】的定位方式，单击【确定】按钮，弹出【装配约束】对话框，如图 7-103 所示。

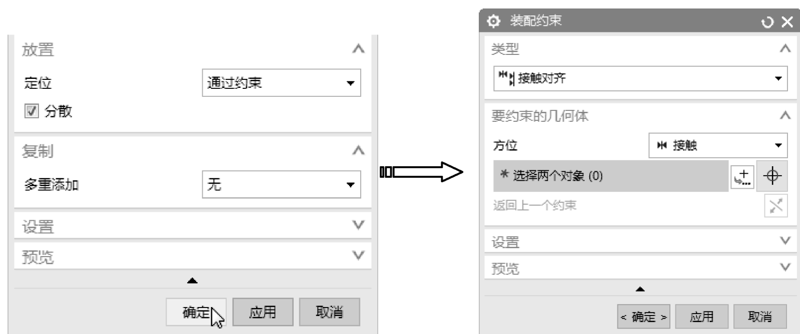


图 7-103　设置装配定位方式并取得原点坐标

**03** 以【接触对齐】约束类型选择活动钳口的底面和钳座的滑动面作为接触约束对象，如图 7-104 所示。

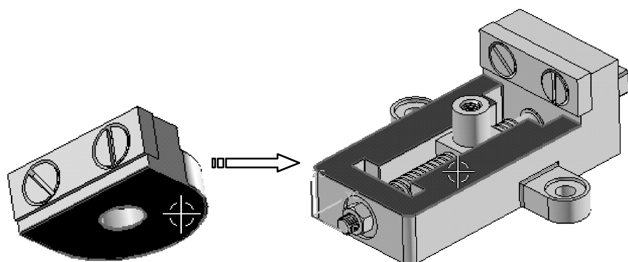


图 7-104　选择接触约束对象

**04** 以【角度】约束类型选择活动钳口的侧面和钳座的侧表面作为角度约束对象，并在【角度】文本框中输入角度值 270，按下【Enter】键，活动钳口即旋转 270 度，如图 7-105 所示。

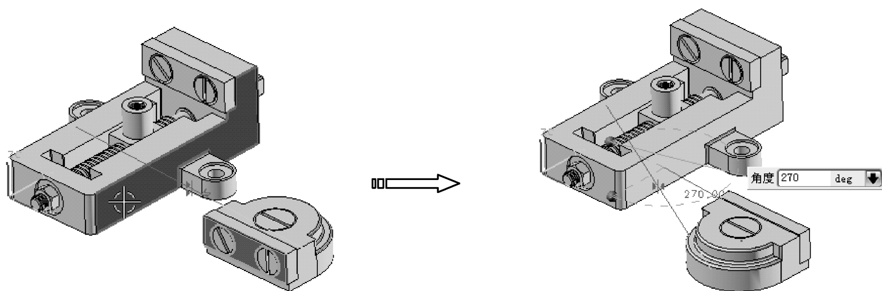



图 7-105　选择角度约束对象

**05** 以【同心】约束类型选择活动钳口的螺孔中心和方块螺母的螺孔中心作为同心约束对象，如图 7-106 所示。

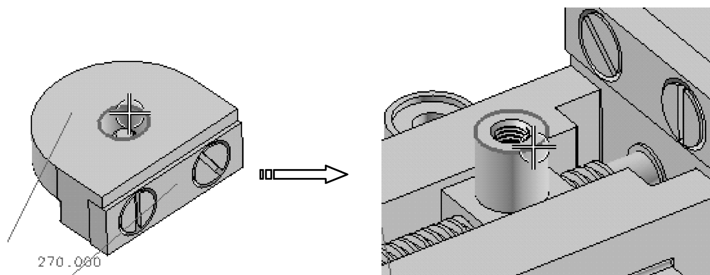



图 7-106　选择同心约束对象

**06** 最后单击【装配约束】对话框中【确定】按钮，完成整个虎钳的装配操作。装配的虎钳如图 7-107 所示。

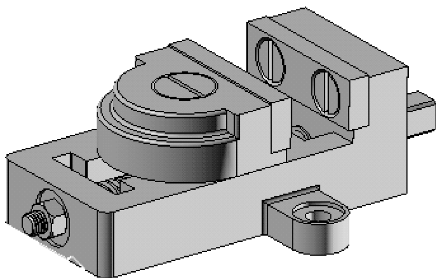


图 7-107　装配的虎钳

## 7.5 UG 工程师认证试题（七）

**一、选择题**

（1）下列各条命令中，可以选择【点】的是（　　）。 （C）

A. 交点　　B. 偏置曲线　　C. 相交曲线　　D. 投影曲线

（2）单击下列哪个图标可以实现将曲线投影到曲面上。 （B）

A.　　B.　　C.　　D.

（3）单击下列哪个图标可以实现抽取曲线。 （D）

A.　　B.　　C.　　D.

（4）（　　）是在两条曲线之间连接一段曲线的功能，使原先不连续的两条曲线能够光滑过渡，该曲线与两端的曲线可以控制连续条件、连接部位及方向。 （A）

A. 桥接曲线　　B. 简化曲线　　C. 合并曲线　　D. 抽取曲线

（5）关于【相交曲线】下列说法正确的是（　　）。 （D）

A. 只能选择两个平面　　B. 只能选择两组平面

C. 可以选择多组面　　D. 可以选择两组曲面

（6）以下哪个图标是【修剪曲线】。 （A）

A.　　B.　　C.　　D.

（7）【镜像曲线】的对象不能是（　　）。 （C）

A. 曲线　　B. 实体边缘　　C. 实体　　D. 草图

（8）【分割曲线】不包括（　　）。 （D）

A. 等分段　　B. 根据边界对象分段

C. 在节点上　　D. 修剪边界

**二、设计练习**

按图 7-108 建立线架（尺寸自定）。

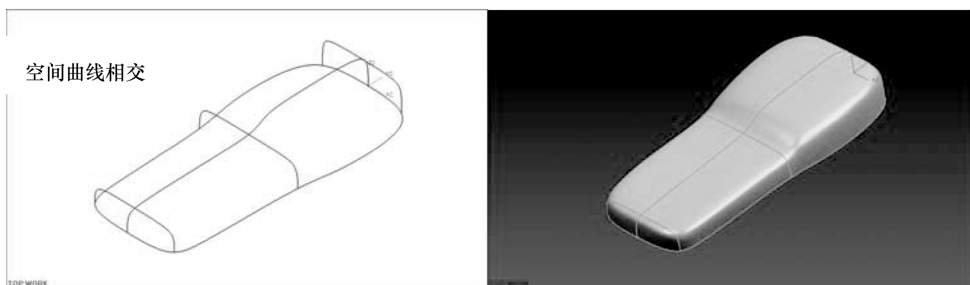



图 7-108　线架

# 第 8 章

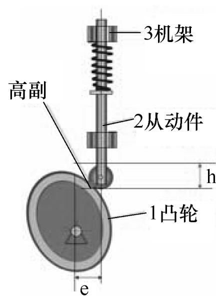
# 机构动画与仿真分析

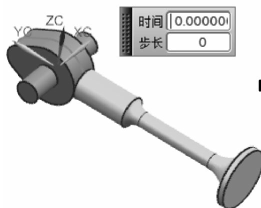
## 本章导读

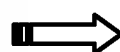
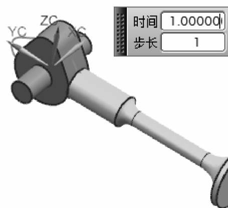
UG 的运动仿真功能可以对运动机构进行大量的装配分析工作、运动合理性分析工作，诸如干涉检查、轨迹包络等，获取大量运动机构的运动参数。通过对运动仿真模型进行运动学或动力学运动分析，可以验证该运动机构设计的合理性，并且可以利用图形输出各个部件的位移、坐标、加速度、速度和力的变化情况，对运动机构进行优化。

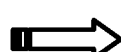
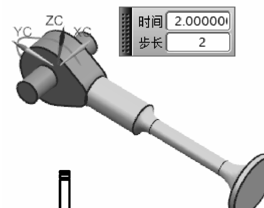
## 案例展现

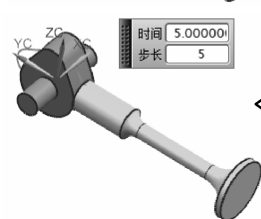
ANLIZHANXIAN

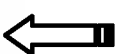
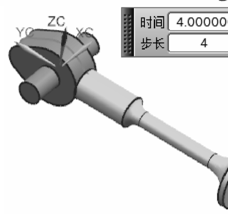
<table>
<tr><th>案　例　图</th><th>描　　述</th></tr>
<tr><td>


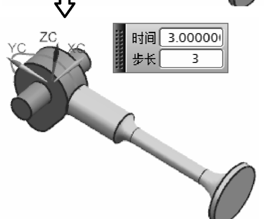

</td><td>凸轮传动通过凸轮与从动件间的接触来传递运动和动力，是一种常见的高副机构，结构简单，只要设计出适当的凸轮轮廓曲线，就可以使从动件实现任何预定的复杂运动规律凸轮机构是由凸轮、从动件和机架构成的三杆高副机构</td></tr>
<tr><td colspan="2">


</td></tr>
</table>

# 8.1 UG 运动仿真概述

在进行运动仿真之前，先要打开 UG NX 运动仿真的主界面。在 UG【应用模块】选项卡的【仿真】组中单击【运动】按钮，随后弹出提示框，单击【是】按钮，进入运动仿真的主界面，如图 8-1 所示。



图 8-1 执行【运动】命令

##  8.1.1 运动仿真工作界面

UG 运动仿真界面分为三个部分：运动仿真功能区、运动场景导航窗口和绘图区，如图 8-2 所示。

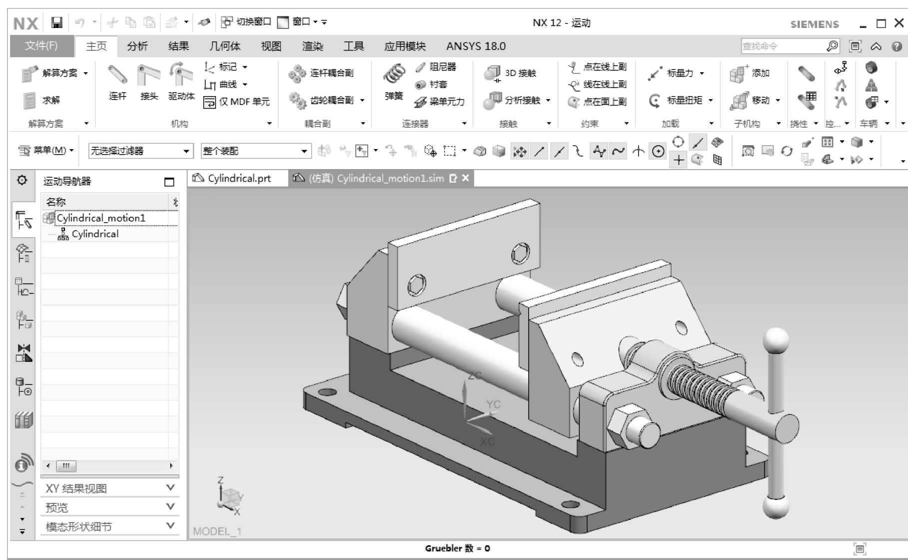


图 8-2 运动仿真主界面

运动仿真功能区选项卡中主要包括运动仿真各项功能的快捷按钮，运动场景导航窗口部分主要用于显示当前操作下处于工作状态的各个运动场景的信息。功能区【结果】选项卡中可以查看运动仿真的结果及其他操作，如图 8-3 所示。



图 8-3 【结果】选项卡

运动场景导航窗口中显示了文件名称，运动场景的名称、类型、状态、环境参数的设置以及运动模型参数的设置，如图 8-4 所示。运动场景是 UG 运动仿真的框架和入口，是整个运动模型的载体，储存了运动模型的所有信息。同一个三维实体模型通过设置不同的运动场景可以建立不同的运动模型，从而实现不同的运动过程，得到不同的运动参数。

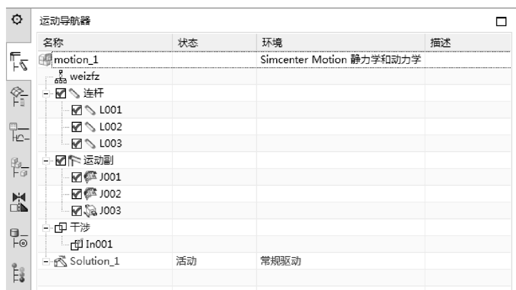



图 8-4　运动场景导航窗口



## 8.1.2　运动预设置

运动仿真模块预设置功能用于控制显示参数、分析文件及后处理参数，这些参数控制运动仿真元素的显示方式、求解器用到的质量、重力常数以及一些其他的后处理功能。

选择下拉菜单中【首选项】|【运动】命令，弹出【运动首选项】对话框，如图 8-5 所示。对话框中各选项含义如下。




图 8-5　【运动首选项】对话框

### 1. 运动对象参数

该选项区用于控制显示何种运动分析对象以及显示方式，包括以下选项。

- 名称显示：用于控制名称是否显示。勾选该复选框后，当创建连杆和运动副时，名称将显示在图形区。该复选框对现存及随后创建的对象均起作用，创建调试机构时，建议选中该复选框。
- 图标比例：用于控制机构对象图标的显示比例，改变该参数会立即影响现有及随后创建的对象图标。
- 角度单位：用于设置角度的单位，包括【度数】和【弧度】。该设置影响整个运动仿真模块的角度输入以及各类报表中的角度单位。
- 列出单位：单击【列出单位】按钮，弹出【信息】对话框，显示各种可测量值的单位。

2. 分析文件参数

该选项区中参数含义如下。

- 质量属性：当进行运动仿真时，该复选框控制解算器在求解时是否采用质量特性。
- 重力常数：单击【重力常数】按钮，弹出【全局重力常数】对话框，可设置重力加速度的大小和方向，如图 8-6 所示。通常在采用公制单位时，重力加速度为 $9806.65\mathrm{mm/s^2}$，采用英制单位时为 $386.0880\mathrm{in/s^2}$，方向为负 Z 方向。
- 求解器参数：单击【求解器参数】按钮，弹出【求解器参数】对话框，如图 8-7 所示。

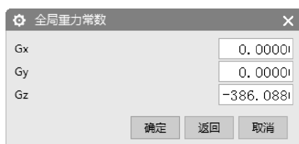


图 8-6 【全局重力常数】对话框



图 8-7 【求解器参数】对话框

【求解器参数】对话框用于控制所用的积分和微分方程的求解精度，包括以下选项。

- 误差：用于控制求解结果与微分方程之间的误差，最大求解误差越小，求解精度越高。
- 最大步长：当求解一个运动仿真模型时，该选项控制积分和微分方程 dx 因子，最大步长越小，精度越高。
- 最大迭代次数：用于控制解算器作为动力学或静力学分析时的最大迭代次数，如果解算器的迭代次数已达到最大迭代次数，但结果与微分方程之间的误差未达到要求（即不收敛），则解算器结束求解。
- 积分器：在静力学分析时，指定求解静态方程的方法，包括【N－R（Newton－Raphson method）】和【Robust N－R（改进 Newton－Raphson method）】两种。

3. 后处理参数

该选项区用于设置后处理阶段的参数，其中，勾选【对主模型进行追踪/爆炸】复选框后，在运动仿真中创建的跟踪或爆炸的对象会输出到主模型中。

##  8.1.3 创建运动仿真

在进入机构运动仿真主界面时，运动导航器中仅显示一个节点，该节点代表进入运动仿真模块前的装配主模型。只有当用户创建一个机构运动文件时，仿真界面中的按钮才能被激活。

创建机构运动文件时，单击【运动导航器】按钮，当装配主模型节点是激活的工作零件时，将光标移动到装配主模型节点上，单击鼠标右键，选择【新建仿真】命令，系统将弹出【环境】对话框，可按照图 8-8 所示进行操作。

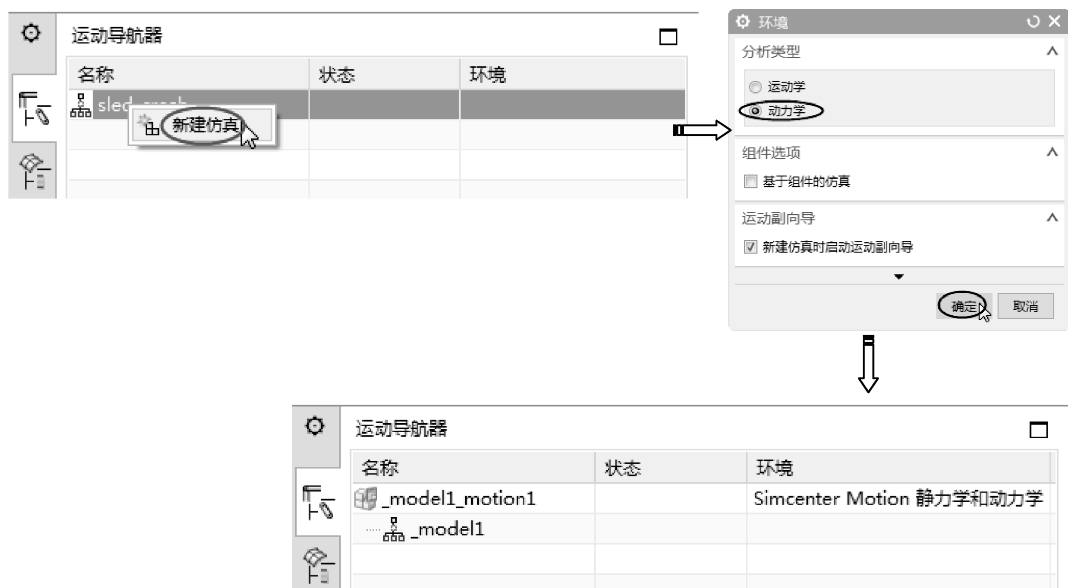


图 8-8　机构运动分析方案的创建过程

【环境】对话框用于指定求解器环境为【运动学】还是【动力学】。

- 运动学：将运动仿真限制在运动学的求解范围，只求解几何体的运动。运动学环境对结构约束敏感，而且要求结构是全约束的。
- 动力学：该选项提供了所有的运力学的分析功能，包括几何体的运动以及运动中力的因素。

## 8.2　运动模型管理

建立新仿真场景之后，功能区中将会显示用于模型准备的【机构】组和【运动】组，如图 8-9 所示。



图 8-9　模型准备工具



### 8.2.1　运动导航器

#### 1. 运动场景的建立

在进行运动仿真之前，必须先建立一个运动模型，而运动模型的数据都存储在运动场景之中，所以运动场景的建立是整个运动仿真过程的入口。

利用 UG 建模功能建立三维实体模型时，必须将该模型设为一个运动可控模型，完成几何模型的创建之后，在【特征】工具条上选择【启动】|【运动仿真】选项，弹出运动场景

导航窗口。选中该模型，按下右键，弹出快捷菜单，如图 8-10 所示。

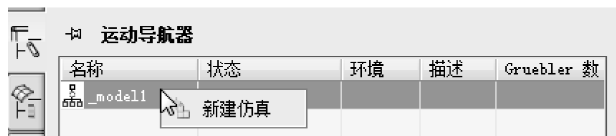



图 8-10　弹出快捷菜单

在模型的右键快捷菜单中选择【新建仿真】命令，将建立一个新的运动仿真场景，默认名称为【model1_motion_1. sim】，分析类型为动力学，运动仿真环境为静态动力学仿真，该信息将显示在运动场景导航窗口中，并且各运动仿真工具栏将变为可用状态，如图 8-11 所示。




图 8-11　建立一个新场景

运动场景建立后，便可以设置三维实体模型各种运动参数了，在该场景中设立的所有运动参数都将存储在该运动场景之中，由这些运动参数所构建的运动模型也将以该运动场景为载体进行运动仿真。重复该操作可以在同一个主模型下设立各种不同的运动场景，包含不同的运动参数，实现不同的运动。

**2. 运动场景的编辑**

运动场景建立后，可以对它进行一定的编辑，包括运动场景的重命名、删除和复制。

（1）运动场景的重命名

选中某一运动场景，单击鼠标右键，弹出快捷菜单，如图 8-12 所示。

选择快捷菜单中的【重命名】命令后，运动场景导航窗口中的场景名称将自动变为可编辑状态，如图 8-13 所示。输入新的运动场景名称，即可实现运动场景的重命名。




图 8-12　弹出运动场景编辑快捷菜单

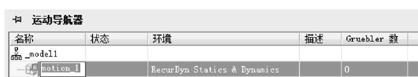



图 8-13　运动场景的重命名

（2）运动场景的删除

在图形区顶部单击运动仿真场景窗口的【关闭】按钮，如图 8-14 所示。此时会弹出【关闭部件】对话框，单击其中的【仅部件】或【部件和组件】按钮，即可将运动场景删除，如图 8-15 所示。




图 8-14　关闭仿真场景窗口

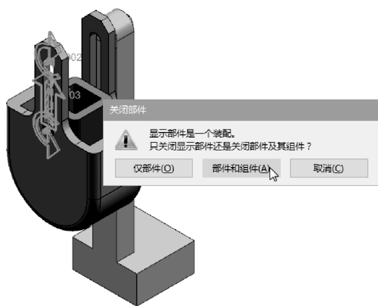



图 8-15　关闭部件

（3）运动场景的复制

选择右键快捷菜单中的【克隆】命令即可实现运动场景的复制，克隆后的运动场景与原来的运动场景的各个参数都相同，如图 8-16 所示，分别选择【motion_1】|【motion_2】|【motion_3】|【motion_4】菜单项，新建三个与 motion_1 各项参数都相同的运动场景。

运动导航器

| 名称 | 状态 | 环境 | 描述 | Gruebler 数 |
|---|---|---|---|---|
| _model1 | | | | |
| motion_1 | | | | |
| motion_2 | | | | |
| motion_3 | | | | |
| motion_4 | | RecurDyn Statics & Dynamics | | 0 |

图 8-16　运动场景的复制

### 3. 运动场景参数的设置和信息的输出

（1）运动场景环境参数的设置

选中某一运动场景，单击鼠标右键，弹出快捷菜单，选择【环境】命令，或者在功能区【结算方案】组中单击【环境】按钮，将弹出【环境】对话框，如图 8-17 所示。

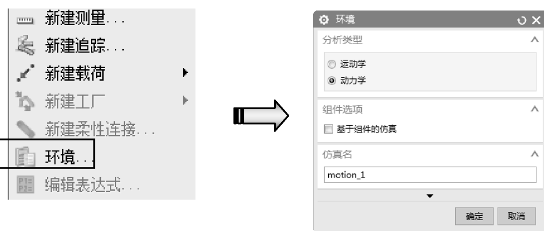



图 8-17　运动仿真环境类型设置

该对话框中的各个选项说明如下。

- 运动学：选中该单选按钮，将在不考虑运动原因状态下，研究机构的位移、速度、加速度与时间的关系。
- 动力学：选中该单选按钮，将考虑运动的真正因素，包括力、摩擦力、组件的质量和惯性及其其他影响运动的因素。

通过选择不同的选项可以将运动仿真环境设置为运动学仿真或静态动力学仿真。

（2）运动场景信息的输出

选中某一运动场景，单击鼠标右键，弹出快捷菜单，选择【信息】|【运动连接】命令，弹





出显示运动模型各项参数设置的对话框，其中记载了运动模型所有的参数，如图 8-18 所示。

弹出的运动模型参数设置对话框如图 8-19 所示。




图 8-18 选择【信息】|【运动连接】命令

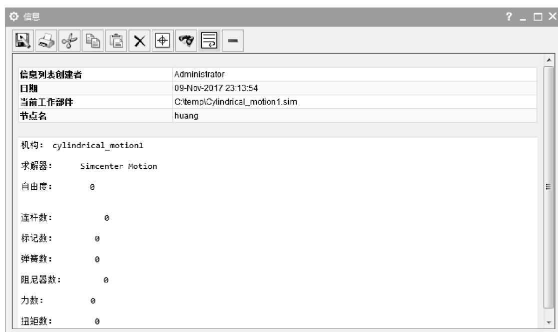



图 8-19 运动模型参数设置对话框



## 8.2.2 干涉与追踪

在建立了运动场景之后，用户可以对运动场景中几何体模型进行干涉与追踪。

利用干涉检查，可以在运动过程中模拟干涉（部件间相互阻碍运动）情况，及时发现并解决问题。在 UG 运动仿真的【分析】选项卡中单击【干涉】按钮，弹出【干涉】对话框。在装配体中选择疑似产生干涉的两个部件，单击【确定】按钮，即可创建干涉，如图 8-20 所示。如果在运动仿真过程中选定的两个部件有干涉现象，将会停止运动。

利用追踪功能，在播放动画时可以查看运动过程中追踪对象的轨迹，并复制每一步的副本模型。在【分析】选项卡中单击【追踪】按钮，弹出【追踪】对话框。选择机构中的某个部件作为追踪对象，如图 8-21 所示。



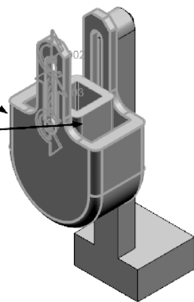



图 8-20 创建部件间的干涉

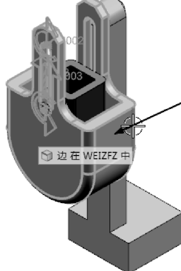





图 8-21 设置追踪对象

指定追踪对象后，单击【动画】按钮，在弹出的【动画】对话框【封装选项】选项区中勾选【追踪】复选框，单击【前进】按钮播放动画，随后可以看到在运动过程中产生了多个追踪对象的副本，如图 8-22 所示。

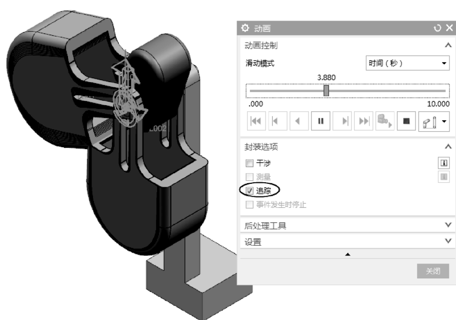


图 8-22　播放动画创建追踪

## 8.3 连杆

利用 UG NX 12 的建模功能建立三维实体模型后，并不能直接将各个部件按一定的连接关系连接起来，必须给各个部件赋予一定的运动学特性，让其成为一个可以与别的部件有着相同特性的部件之间相连接的连杆构件。



### 8.3.1 定义连杆

在 UG NX 12 中，可以认为机构是“连接在一起运动的连杆”的集合，是创建运动仿真的第一步。所谓连杆是指用户选择的模型几何体，必须选择所有想让其运动的模型几何体。

在 UG NX 运动仿真模块下，单击【设置】组中【连杆】按钮，或选择菜单栏中【插入】|【连杆】命令，弹出【连杆】对话框，可按照图 8-23 所示进行操作。



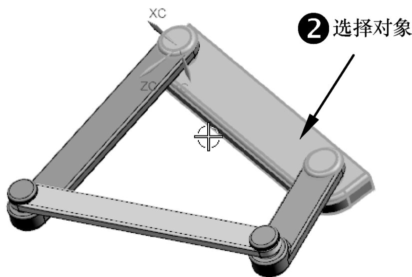




图 8-23　连杆的创建过程

【连杆】对话框中选项含义如下。

1. 【连杆对象】选项区

- 选择对象：该选项用于选择连杆特性的几何模型。激活该命令后，在图形窗口中选择将要赋予该连杆特性的几何模型。

| 技巧点拨 | 对象不能与多个连杆相关，即一个对象被定义为连杆的一部分，就不能再次被选择为另外一个连杆的一部分。 |
|---|---|

● 向上一级：当在装配体文件中创建连杆时，选择其中的一个组件，然后单击【向上一级】按钮，可选择整个装配体。

2. 【质量属性选项】选项区

【质量属性选项】下拉列表中的选项用于设置连杆的质量特性。当连杆没有质量特性时，不能进行动力学分析和反作用力的静力学分析。用于设置连杆的质量特性的创建方式，包含如下 3 个选项，如图 8-24 所示。

● 自动：由系统自动生成连杆的质量特性。大多数情况下，默认计算值能生成精确的仿真结果。
● 用户定义：由用户定义质量特性。选择该选项后，【质量】【惯性矩】【初始移动速度】和【初始转动速度】选项将被自动激活。
● 无：设置无质量的连杆，通常没有质量的连杆可认为是纯线框对象或无厚度的片体。

3. 【质量和惯性】选项区

该选项区用于定义连杆对象的质量与惯性。当选择【质量属性选项】为【用户定义】时才变为可用，如图 8-25 所示。

● 质心：该选项用于连杆质心的位置点设置。
● 惯性的 CSYS：该选项用于设置连杆惯性的惯性矩坐标系参考。
● 质量：定义所选连杆几何模型的质量。
● lxx（lyy、lzz、lxy、lxz、lyz）：设置几何模型在各方向的惯性矩。



图 8-24 【质量属性选项】下拉列表



图 8-25 【质量和惯性】选项区

4. 【初始平动速率】选项区

该选项区用于设置连杆的初始平移速度。仅当将运动分析类型设定为【动力学】时，此选项才变为可用，如图 8-26 所示。

● 启用：勾选此复选框，显示初始平动速率的设置选项。
● 指定方向：指定初始平动的方向。
● 平移速度：输入平移的速率，包括公制单位和英制单位。

5. 【初始转动速度】选项区

该选项区用于设置连杆的初始转动速度。仅当将运动分析类型设定为【动力学】时，此选项才变为可用，如图 8-27 所示。



图 8-26 【初始平动速率】选项区



图 8-27 【初始转动速度】选项区

- 速度类型：包括【幅值】和【分量】两种类型。
- 指定方向：指定旋转轴。
- 旋转速度：设置转速。

### 6. 【设置】选项区

勾选【固定连杆】复选框，将所选几何模型设置为固定连杆，即主动杆。



### 8.3.2 定义连杆材料

如果未指定连杆的材料，系统采用默认的密度值 $7.83\times10^{-6}$kg/mm$^3$。此外，用户可以在运动仿真模块中定义连杆的材料属性。

选择菜单栏中【工具】|【材料】|【指派材料】命令，弹出【指派材料】对话框，如图 8-28 所示。从材料库中选择一种材料后，选择所要赋予材料的连杆，单击【确定】按钮即可。

也可以单击【创建】按钮，在弹出的对话框中自定义材料属性，如图 8-29 所示。

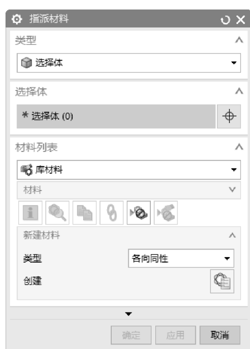


图 8-28 【指派材料】对话框

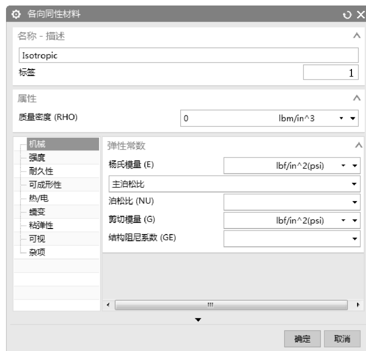


图 8-29 【各向同性材料】对话框

## 8.4 运动副

为了组成一个能运动的机构，必须把两个相邻构件（包括机架、原动件、从动件）以一定方式连接起来，这种连接必须是可动连接，而不能是无相对运动的固接（如焊接或铆接），凡是使两个构件接触而又保持某些相对运动的可动连接，均称为运动副。

在 UG NX 的机构运动与仿真模块中，两个部件被赋予了连杆特性后，即可用运动副相连接组成运动机构，运动副具有双重作用，即设置所需的运动方式和限制不需要的运动自由度。

单击【设置】组中【运动副】按钮，弹出【运动副】对话框，如图 8-30 所示。对话框中包含有 3 个选项卡：【定义】【摩擦】和【驱动】。

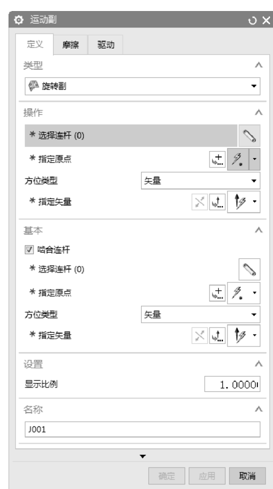



图 8-30 【运动副】对话框



## 8.4.1 定义

【定义】选项卡中选项含义如下。

1. 【类型】下拉列表

用于设置运动副的类型，包括【旋转副】【滑动副】【球面副】【柱面副】和【万向节】等 14 种运动副类型，下面仅介绍常用几种类型的运动副。

（1）旋转副

旋转副即铰链连接，可以实现两个相连连件绕同一轴作相对的转动，如图 8-31 所示。

旋转副允许有一个绕 Z 轴转动的自由度，但两个连杆不能相互移动。旋转副的原点可以位于 Z 轴的任何位置，旋转副都能产生相同的运动，但推荐用户将旋转副的原点放在模型的中间。

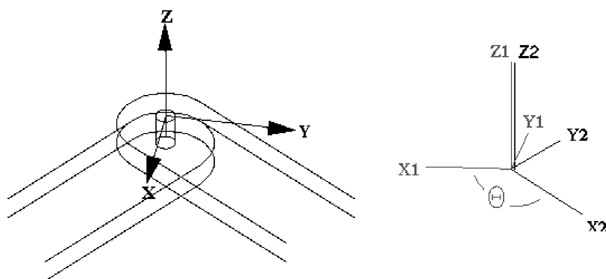



图 8-31 旋转副的运动特征

（2）滑动副

滑动副实现两个相连杆件互相接触并保持着相对的滑动，如图 8-32 所示。

滑动副允许沿 Z 轴方向移动，但两个连杆不能相互转动。滑动副的原点可以位于 Z 轴的任何位置，滑动副都能产生相同的运动，但推荐用户将滑动副的原点放在模型的中间。

（3）柱面副

柱面副连接实现一个部件绕另一个部件（或机架）的相对转动，如图 8-33 所示。

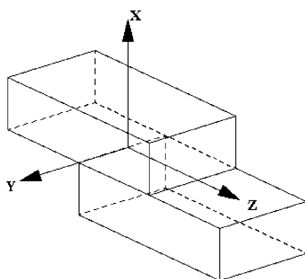



图 8-32 滑动副的运动特征

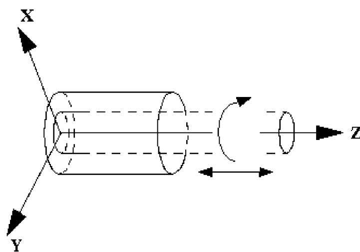



图 8-33 柱面副的运动特征

柱面副可实现两个自由度，允许沿 Z 轴方向移动和绕 Z 轴转动。柱面副的原点可以位于 Z 轴的任何位置，柱面副都能产生相同的运动，但推荐用户将柱面副的原点放在模型的中间。

（4）螺旋副（螺钉）

螺旋副实现一个杆件绕另一个杆件（或机架）作相对的螺旋运动，如图 8-34 所示。螺旋副用于模拟螺母在螺栓上的运动，通过设置螺旋副比率，可实现螺旋副旋转一周，第二个连杆相对于第一个连杆沿 Z 轴所运动的距离。

（5）万向节

万向节实现两个连杆之间绕互相垂直的两根轴作相对的转动，它只有一种形式：必须是两个连杆相连，如图 8-35 所示。

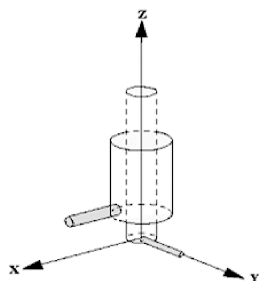


图 8-34　螺旋副的运动特征

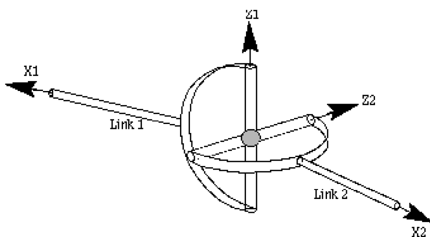


图 8-35　万向节的运动特征

万向节中每个连杆绕自身的轴旋转，两个连杆旋转轴的交点即为万向节的原点。通常情况下，指定 X 轴方向是确定万向节方向的最简单的方法，不必关心 Y 轴和 Z 轴的初始方向，因为 Y、Z 轴在旋转方向上可自由移动。

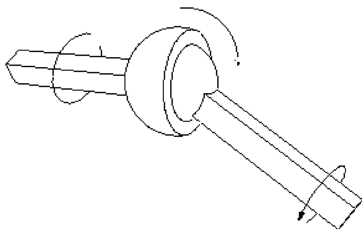
（6）球面副

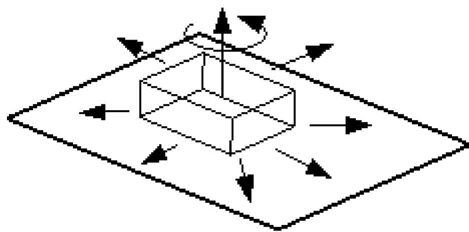
球面副实现一个杆件绕另一个杆件（或机架）作相对转动，它只有一种形式：必须是两个连杆相连，如图 8-36 所示。

球面副允许 3 个转动自由度，相当于球铰连接。球面副的原点必须位于两个连杆的公共中心点，球面副没有方向。

（7）平面副

平面副可以实现两个杆件之间以平面相接触运动，如图 8-37 所示。


图 8-36　球面副的运动特征


图 8-37　平面副的运动特征

平面副允许 3 个自由度，两个连杆在相互接触的平面上自由滑动，并可绕平面的法向做自由转动。平面副的原点可以位于三维空间的任何位置，平面副都能产生相同的运动，但推荐用户将平面副的原点放在平面副接触面中间。

（8）固定副

固定副用于阻止连杆进行运动，单个具有固定副的连杆自由度为零。

**2. 【操作】选项区**

用于选择所设置运动副的第一个连杆，包括以下选项。

- 选择连杆：选择设置运动的连杆。用户可以选择任意属于连杆的对象，则连杆的所有对象将全部被选中。
- 指定原点：指定运动副的原点。对于滑动副和旋转副来说，运动副的原点应位于滑动轴或旋转轴上。通常系统根据所选择连杆对象自动推断运动副原点位置；如果自动推断的运动副原点不正确，用户可利用【点构造器】对话框进行选择。
- 方位类型：指定运动副的方位，运动副的方位是指运动副自由运动的方向，包括【矢量】和【CSYS】两种方位类型。
- 指定矢量：指定旋转副的轴矢量。例如，旋转副按右手螺旋法则绕运动副的 Z 轴转动；滑动副沿 Z 轴进行移动。通常系统根据所选择连杆对象自动推断运动副方位；如果自动推断的运动副方位不正确，用户可利用【矢量构造器】对话框进行选择。

**3. 【基本】选项区**

用于选择所设置运动副的第二个连杆。如果所创建的运动副相对于【地】固定，则不需要指定该选项，否则要选择第二个连杆，以使第一个连杆相对于第二个连杆约束其运动。

**4. 【极限】选项区**

用于设置机构运动的极限。

**5. 【设置】选项区**

【显示比例】选项用于控制运动副图标的相对大小。



## 8.4.2 摩擦

【摩擦】选项卡用于设定运动副各部件间的摩擦。做一般运动仿真时将忽略各部件之间的摩擦。



## 8.4.3 驱动

单击【驱动】标签，切换至【驱动】选项卡，可设置运动副的运动驱动，如图 8-38 所示。




图 8-38 【驱动】选项卡

在 UG NX 12 的运动仿真模块，共可设置 5 种驱动类型。

- 无：没有外加的运动驱动赋予运动副。
- 恒定：设置运动副为等常运动（旋转或线性位移），所需输入参数为位移、速度和

加速度。

- 简谐：运动副向前或向后产生一个正弦运动，输入参数为振幅、频率、相位角和位移。
- 函数：设置运动副的运动类型为一个复杂的数学函数。
- 铰接运动：设置运动副以特定的步长和特定的步数运动，所需输入参数为步长和步数。

## 8.5 创建解算方案与求解

当创建好连杆和运动副后，接下来要进行求解方案参数和求解器参数设置，最后将该解算方案求解出来，并进行运动结果分析和动画演示。



### 8.5.1 创建解算方案

单击【设置】组中【解算方案】按钮，或选择下拉菜单中【插入】|【解算方案】命令，弹出【解算方案】对话框，如图8-39所示。设置好解算方案选项和求解器参数后，单击【确定】按钮即可。




图8-39　【解算方案】对话框

【解算方案】对话框中相关选项参数含义如下。

1. 【解算方案选项】选项区

【解算方案选项】选项区用于指定运动仿真中机构的运动形式及其参数，包括以下几个选项。

- 解算方案类型：包括【常规驱动】【铰接运动驱动】【电子表格驱动】和【柔性体】4个类型。
- 分析类型：选择运动分析的类型，【静力平衡分析】或【静力/动力平衡分析】。
- 时间：表示运动仿真模型所分析的时间段内的时间。
- 步数：表示在所设置的时间段内分几个瞬态位置进行分析和显示。
- 包含静态分析：勾选此复选框，解算时将同时作静态分析。
- 通过按“确定”进行解算：勾选此复选框，在单击对话框中【确定】按钮后将自动进行解算。

2. 【重力】选项区

【重力】选项区用于设置重力加速度的大小和方向，通常，当采用公制单位时，重力加速度为9806. 65mm/s$^2$，采用英制单位时为386. 0880in/s$^2$，方向为负Z方向。

3. 【设置】选项区

在【名称】文本框中可设定该解算方案的名称。

4. 【求解器参数】选项区

【求解器参数】选项区用于控制所用的积分和微分方程的求解精度。



### 8.5.2 求解运动方案

单击【设置】组中【求解】按钮，可求解运动方案，并生成结果数据。当求解完成



后，运动导航器中的【Solution_1】方案节点下出现【Results】节点，如图 8-40 所示。




图 8-40　运动仿真的求解显示

## 8.6 运动仿真和结果输出

当运动方案被求解后，用户可通过动画、表格和文件等方式，显示求解结果，并验证模型的合理性。

### 1. 关节运动仿真

当运动解算方案为铰接运动驱动时，在求解器求解结束前，弹出【铰接运动】对话框，如图 8-41 所示。勾选运动副名称前面的复选框，激活关节运动副，激活步长和步数文本框，然后输入步长和步数，单击【单步向后】按钮或【单步向前】按钮可进行运动仿真。

### 2. 运动仿真动画

当运动方案为基于时间的常规运动时，在求解器求解结束后，单击【分析】组中【动画】按钮，弹出【动画】对话框，如图 8-42 所示。利用该对话框可以动画显示运动效果。




图 8-41　【铰接运动】对话框




图 8-42　【动画】对话框

【动画】对话框中各选项的功能如下。

- 播放：单击该按钮可以查看运动模型在设定的时间和步骤内整个连续运动过程，在绘图区以动画的形式输出。
- 单步向前：单击该按钮可以使运动模型在设定的时间和步骤限制范围内向前运动一步，方便用户查看运动模型下一个运动步骤的状态。
- 单步向后：单击该按钮可以使运动模型在设定的时间和步骤限制范围内向后运动一步，方便用户查看运动模型上一个运动步骤的状态。
- 设计位置：单击该按钮可以使运动模型回到未进行运动仿真前置处理的初始三维实体设计状态。
- 装配位置：单击该按钮可以使运动模型回到进行运动仿真前置处理后的 ADAMS 运动分析模型的状态。
- 跟踪整个机构：单击该按钮可以在每个分析步骤处生成一个对象模型。

### 3. 输出动画文件

在运动导航器窗口中选中一个仿真方案，单击鼠标右键，弹出快捷菜单，选择【导出】命令，将会显示 UG/Motion 给用户提供的几种动画输出的格式，如图 8-43 所示。在各种动画输出格式中选择 MPEG，即输出 mpg 文件，若选择 Animated GIF 格式，将会输出 gif 文件。不论选择哪一种格式，系统都将弹出【动画文件设置】对话框。

### 4. 图表运动仿真

图表功能可生成电子表格数据库，并绘出位移、速度、加速度和力等的仿真结果曲线。单击【分析】组中【作图】按钮，将会在结算方案中生成【XY－作图】图形，右键选择某一轴的图形结果，可以打开新图形窗口，查看仿真结果曲线，如图 8-44 所示。

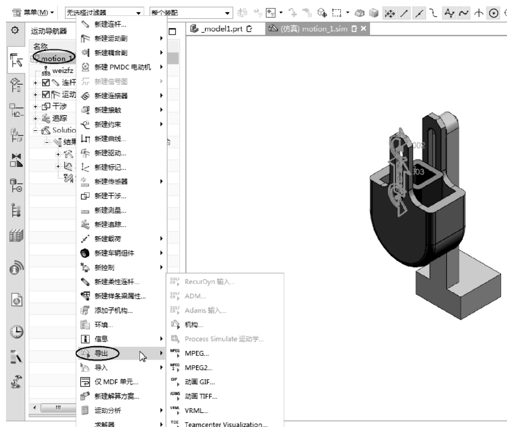


图 8-43　选择输出动画文件格式

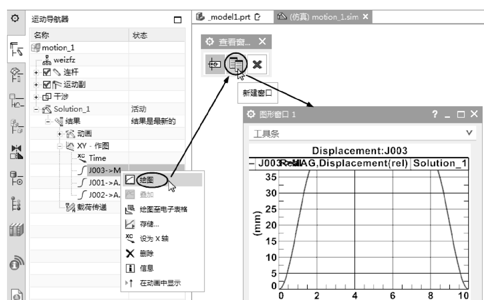


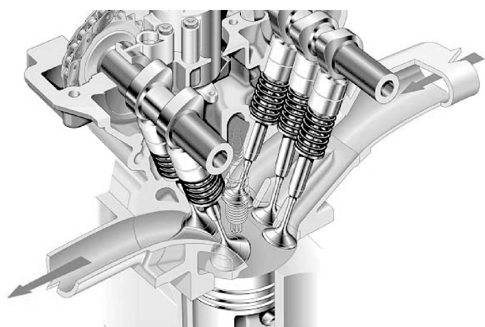
图 8-44　查看仿真结果曲线

## 8.7　机构仿真设计训练——凸轮机构运动仿真

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 凸轮机构运动仿真 \ proj_10. prt
演示视频路径：视频 \ Ch08 \ 凸轮机构运动仿真 . avi

凸轮传动通过凸轮与从动件间的接触来传递运动和动力，是一种常见的高副机构，结构简单，只要设计出适当的凸轮轮廓曲线，就可以使从动件实现任何预定的复杂运动规律。

图 8-45 为常见的凸轮传动机构示意图。凸轮机构是由凸轮、从动件和机架构成的三杆高副机构，如图 8-46 所示。


图 8-45 凸轮传动机构示意图

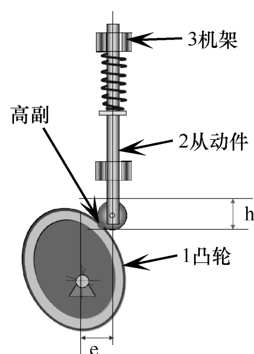


图 8-46 凸轮的组成

凸台机构的装配工作已经完成，如图 8-47 所示。下面进行机构仿真分析。

**设计步骤：**

**01** 打开本例素材文件【cam_valve_assy. prt】。

**02** 在【应用模块】选项卡【仿真】组中单击【运动】按钮，进入运动仿真环境。

**03** 在运动导航器中新建运动仿真，然后设置仿真环境，如图 8-48 所示。

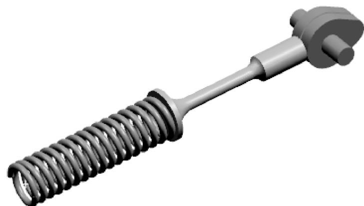

图 8-47 凸轮机构



图 8-48 设置仿真环境

**04** 单击【连杆】按钮，打开【连杆】对话框。然后选择凸轮定义为连杆 1、顶杆组件为连杆 2，如图 8-49 所示。

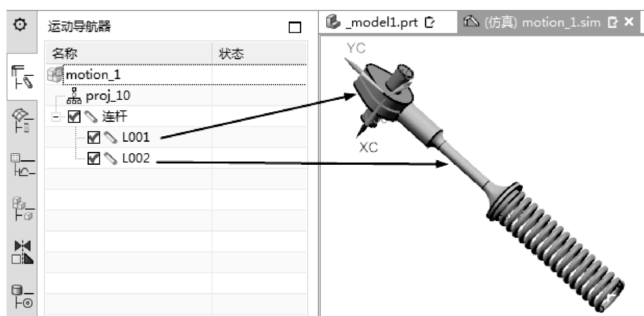


图 8-49 创建连杆几何模型

| 技巧点拨 | 这里仅仅创建两个连杆，包括凸轮和顶杆。两个连杆都是非接地连杆（固定连杆）。弹簧组件可以不定义为几何模型，可定义为【弹簧】柔性单元。 |
| --- | --- |

**05** 单击【运动副】按钮，打开【运动副】对话框。首先定义凸轮的旋转副。在对话框的【操作】选项区中选择方位类型为【CSYS】，然后定义默认的工作坐标系为参考坐标系，如图 8-50 所示。

**06** 旋转动态坐标系上的句柄，将 ZC 轴指向原 XC 方向，如图 8-51 所示。

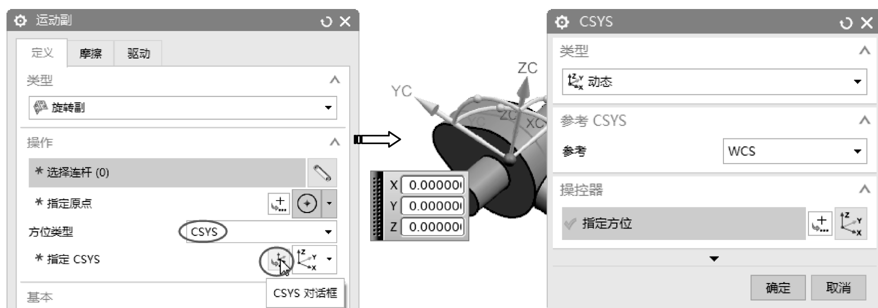


图 8-50　指定运动副的参考坐标系

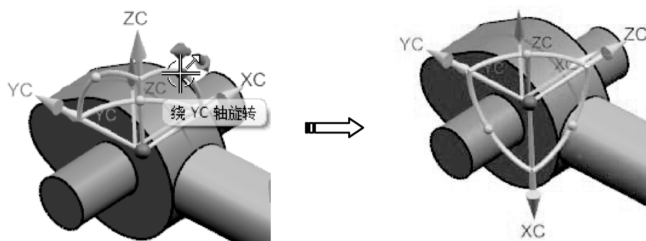


图 8-51　旋转坐标系

| 技巧点拨 | 为什么要旋转坐标系呢？这是因为旋转副始终是参考 CSYS 的 ZC 轴进行旋转的。 |
| --- | --- |

**07** 选择凸轮为旋转副的几何模型。

**08** 随后定义原点为参考坐标系的原点，如图 8-52 所示。

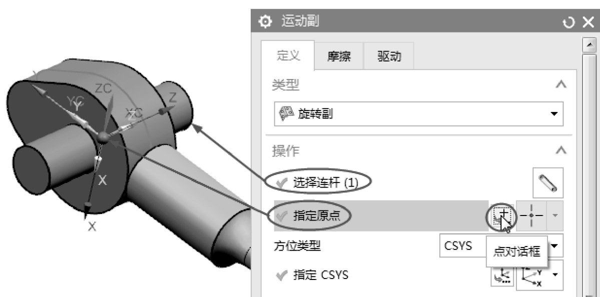


图 8-52　指定旋转副的原点

**09** 在【运动副】对话框的【驱动】选项卡中，定义旋转恒定初速度为 90，如图 8-53 所示。单击【应用】按钮，完成凸轮旋转副的定义。

**10** 接着在【运动副】对话框中选择【滑块】类型，并选择顶杆部件为连杆，如图 8-54 所示。

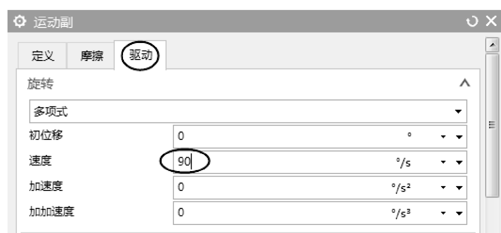



图 8-53 设定旋转初速度

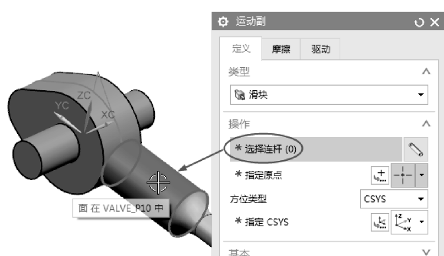



图 8-54 选择顶杆部件为滑动副的几何模型

**11** 设置方位类型为【CSYS】，然后指定顶杆上圆形边线的中心点为 CSYS 坐标系参考，如图 8-55 所示。

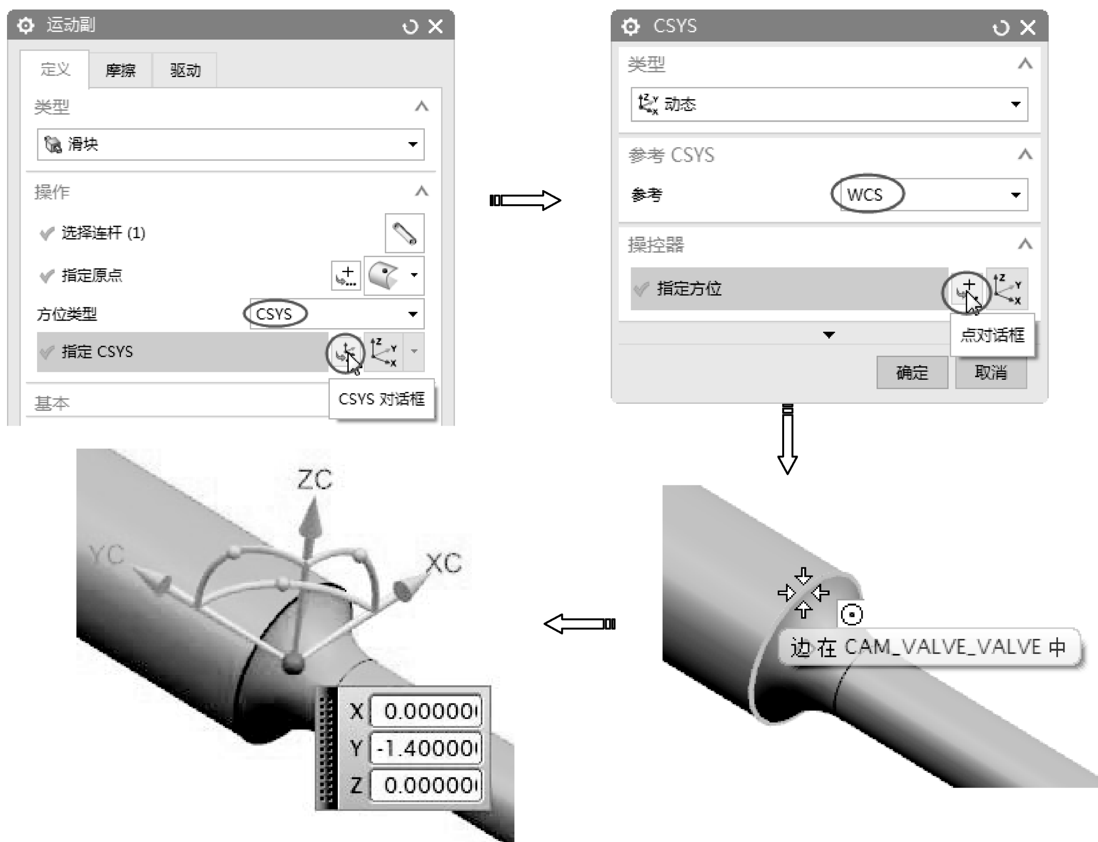



图 8-55 指定 CSYS

**12** 将此参考坐标系的 ZC 轴旋转至原 YC 轴的负方向，如图 8-56 所示。

| 技巧点拨 | 这是因为滑动副的几何模型始终参考 CSYS 的 ZC 轴进行平移。 |
|---|---|

**13** 为滑动副连杆模型重新指定原点，即 CSYS 的原点，如图 8-57 所示。

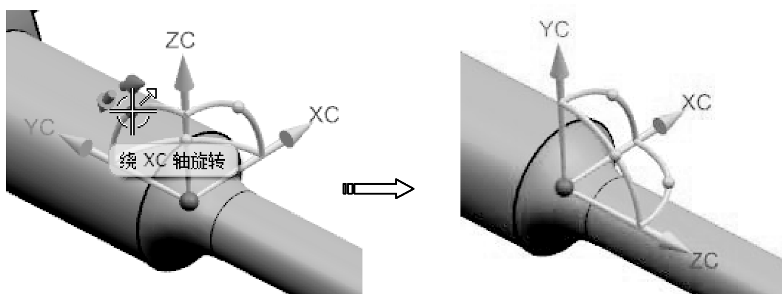



图 8-56　旋转 CSYS

| | |
|---|---|
| 技巧点拨 | 当选择连杆模型后，默认情况下原点就是选取面的位置点。基本上默认点是不符合要求的。 |

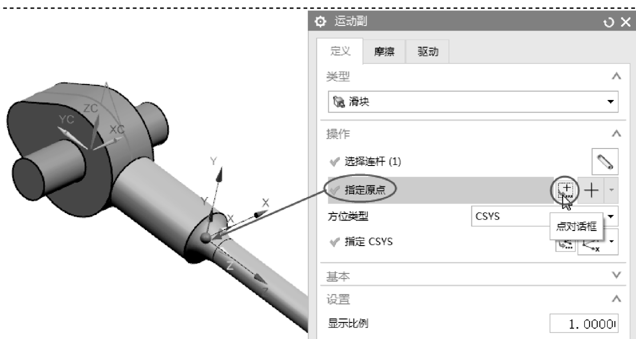



图 8-57　指定滑动副连杆的原点

**14**　在【主页】选项卡【连接器】组中单击【3D 接触】命令，打开【3D 接触】对话框。然后选择顶杆部件为操作体，选择凸轮为基本体，如图 8-58 所示。

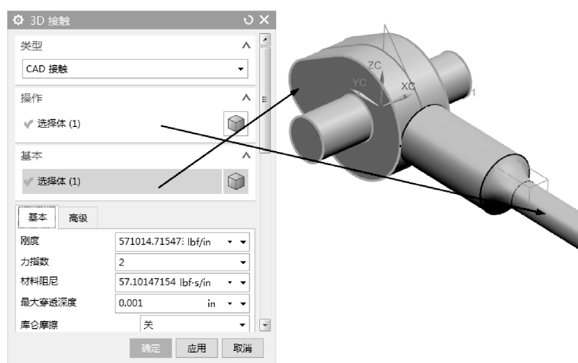



图 8-58　选择 3D 接触的操作体和基本体

| | |
|---|---|
| 技巧点拨 | 定义 3D 接触，目的是让顶杆部件在运动过程中始终与凸轮部件接触，以达到凸轮传动的作用。 |

**15**　在【连接器】组中单击【弹簧】按钮，打开【弹簧】对话框。

**16**　首先选择顶杆底部的边界，程序自动拾取其中心点为原点（此点为弹簧的起点），同时也自动选取了连杆，如图 8-59 所示。





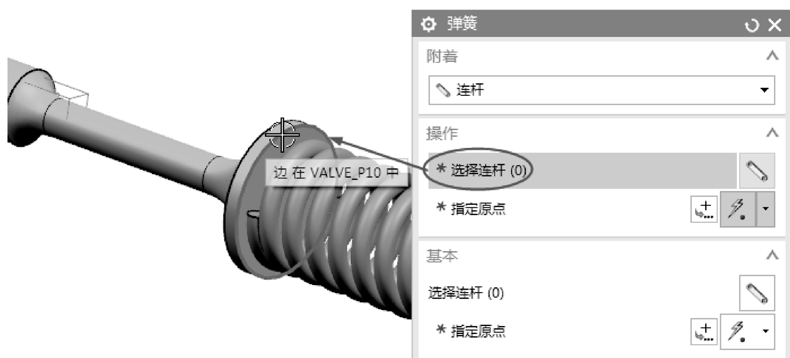



图 8-59　选择连杆及原点

**17**　然后按信息提示在弹簧底端中心位置上选取现有的参考点为弹簧的终点，此点也是接地点，如图 8-60 所示。

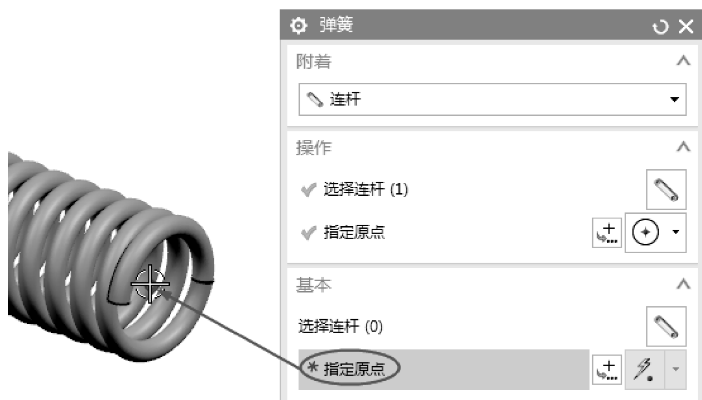



图 8-60　指定弹簧的终点

**18**　在【弹簧参数】选项区中设置弹簧参数，单击【确定】按钮完成弹簧的定义，如图 8-61 所示。

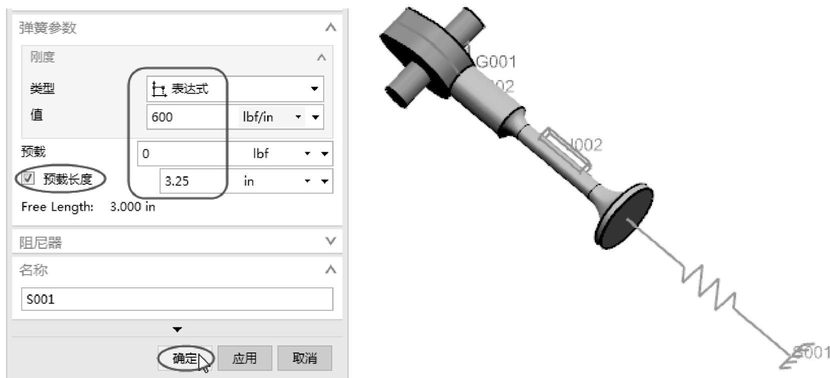



图 8-61　设置弹簧参数

| 技巧点拨 | 【预载长度】的值，实际上是凸轮与顶杆接触的最近点和最远点之间的差值。 |
|---|---|

**19** 单击【解算方案】按钮，打开【解算方案】对话框。设定【时间】和【步数】分别为50，然后指定重力方向，单击【确定】按钮，完成解算方案的创建，如图8-62所示。

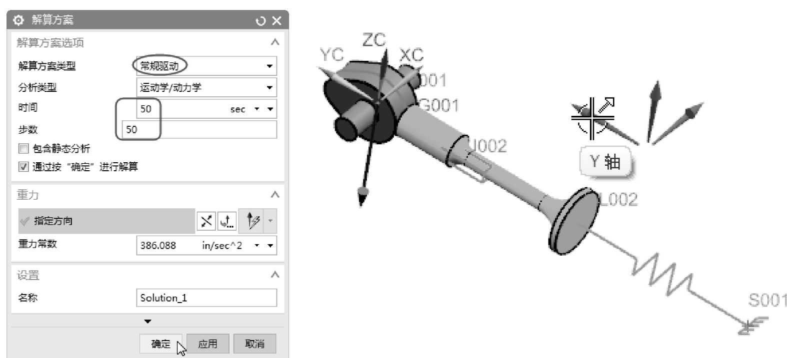



图8-62　完成解算方案的定义

**20** 单击【动画控制】工具条中【播放】按钮，检验凸轮机构运动仿真的结果，如图8-63所示。

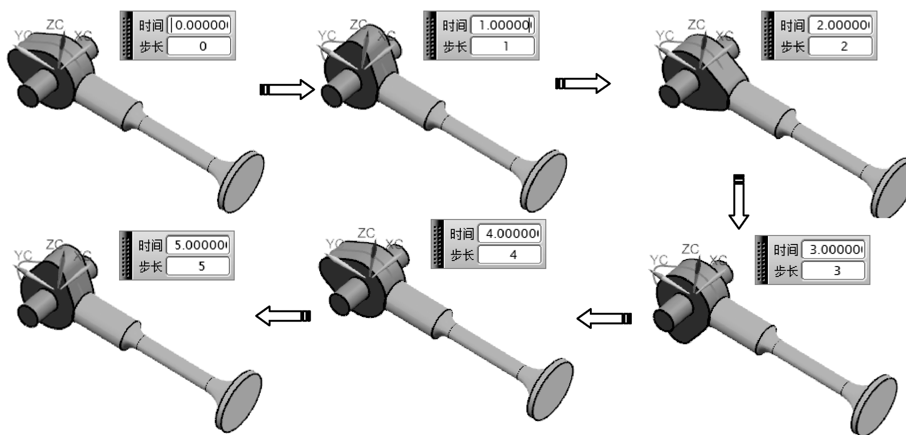



图8-63　检验运动仿真结果

**21** 至此，完成凸轮机构的运动仿真操作，将结果保存。

## 8.8　UG工程师认证试题（八）

### 一、选择题

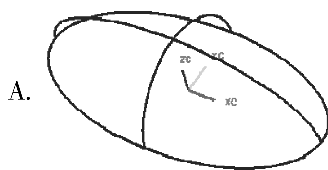
（1）在曲面造型的过程中，通常有连接性的使用。【G1 连续】所表示的意义是（　　）。（B）

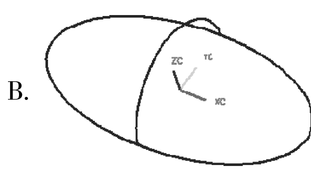
A. 相接连接　　B. 相切连接　　C. 曲率连接　　D. 流连接

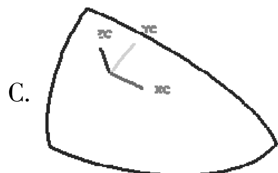
（2）下列四种建立曲面的命令中，可以设置边界约束的有（　　）。（C）

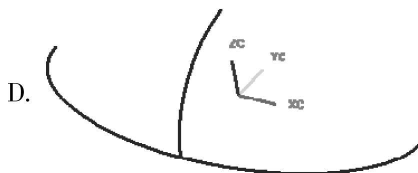
A. 直纹　　B. 通过曲线组　　C. 通过曲线网格　D. 扫掠

（3）以下哪个选项中的曲线不能利用【通过曲线网格】命令将其转为曲面。（D）

A. 

B. 

C. 

D. 

（4）【已扫掠】命令的引导线串最多是（　　）。（C）

A. 1 条　B. 2 条　C. 3 条　D. 4 条

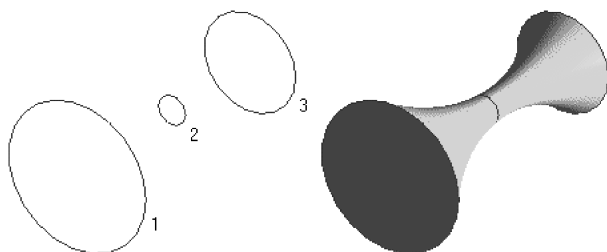
（5）用【四点曲面】命令创建曲面时（　　）。（D）

A. 任意四点　B. 共线四点

C. 有三点共线　D. 每三个点都不在一条直线上

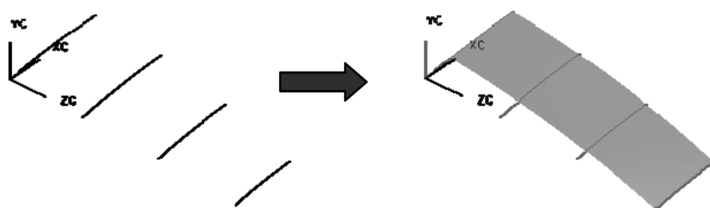
（6）下图是通过哪个命令实现从曲线到实体的。（B）

A. 直纹　B. 通过曲线组　C. 通过曲线网格　D. 已扫掠

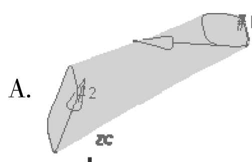


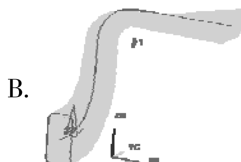

（7）下图所示从曲线到曲面是应用了哪个命令实现的（　　）。（A）

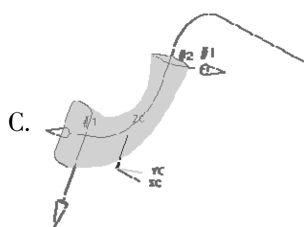
A. 直纹　B. 通过曲线组　C. 已扫掠　D. 截型体

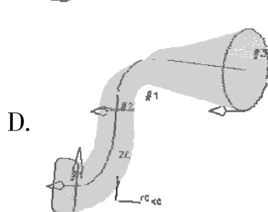


（8）下列哪个图形是由 3×1 曲面得到的。（D）

A. 

B. 

C. 

D. 

（9）用【四点曲面】命令创建曲面时（　　）。（D）

A. 任意四点　　B. 共线四点

C. 有三点共线　　D. 每三个点都不在一条直线上

**二、曲面练习**

（1）利用曲面命令，根据如图 8-64 所示线架构创建曲面，并将其合并成为实体（尺寸自定义）。

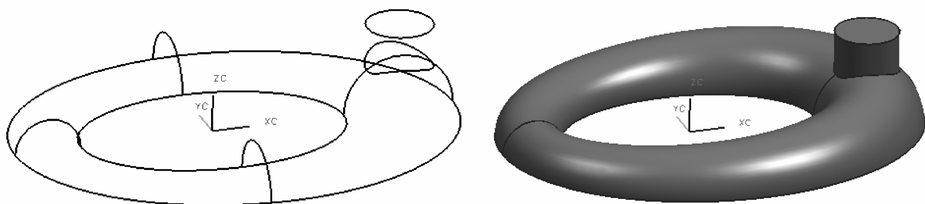


图 8-64　线架构

（2）利用曲面命令，根据如图 8-65 所示线架构创建曲面，并将其合并成为实体（尺寸自定义）。

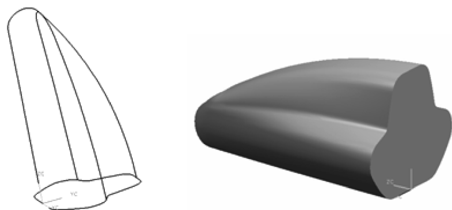


图 8-65　线架构

**三、机构仿真练习**

（1）凸轮机构仿真

练习文件地址：\ 上机操作 \ 源文件 \ Ch08 \ 机构仿真练习 \ 凸轮机构 \ zhuangpeiti. prt

在 UG 仿真模块下，对如图 8-66 所示的凸轮机构进行仿真。

（2）汽车转向传动机构仿真

练习文件地址：\ 上机操作 \ 源文件 \ Ch08 \ 机构仿真练习 \ 汽车转向传动机构 \ suspension_assy_p3. prt

在 UG 仿真模块下，对如图 8-67 所示的汽车转向传动机构进行仿真。

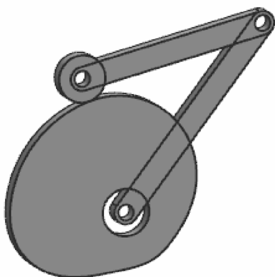


图 8-66　凸轮机构

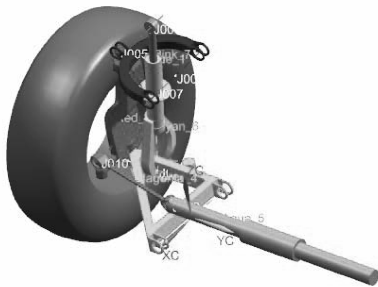


图 8-67　转向传动机构

# 第 9 章

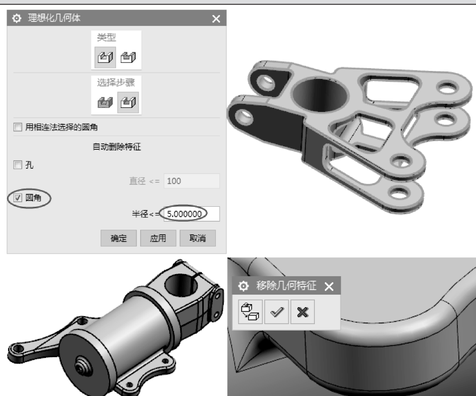
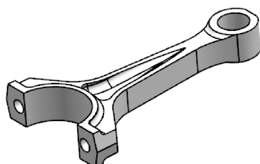
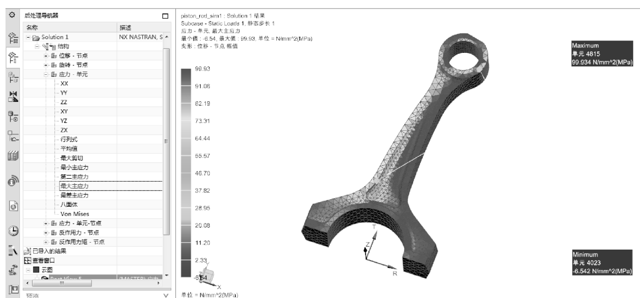
# NX Nastran 有限元分析

## 本章导读

NX Nastran 是 CAE 解算器技术事实上的标准，也是全球航空、航天、汽车、造船等行业绝大部分客户认可的解算器之一。本章将运用 NX Nastran 进行机械动力学有限元分析。

## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案　例　图 | 描　　述 |
|---|---|
|    | 做有限元分析时，如果模型中有许多附加子特征，如加强筋、圆角、倒角、凸台、垫块等，必将导致网格质量缺陷，进而消耗掉大量的分析时间。因此，我们需要对这些附加子特征进行清除处理，清除处理后得到理想模型。对于分析结果来说，这些附加特征的影响是微乎其微的，几乎可以忽略不计 |
|  | 线性静力学是解决线性和一些非线性问题（例如间隙和接触单元）的一种结构解决方法。曲柄是工程机械中常见轴承的曲柄连杆结构件杆身部分，其用途是将燃气作用在活塞顶上的压力转换为曲轴旋转运动而对外输出动力 |

# 9.1 有限元分析基础

有限元分析的基本概念是用较简单的问题代替复杂问题后再求解。有限元法的基本思路可以归结为【化整为零，积零为整】。它将求解域看成是由有限个称为单元的互连子域组成，对每一个单元假定一个合适的近似解，然后推导出求解这个总域的满足条件（如结构的平衡条件），从而得到问题的解。这个解不是准确解而是近似解，因为实际问题被较简单的问题所代替。由于大多数实际问题难以得到准确解，而有限元不仅计算精度高，而且能够适应各种复杂形状，因而成为行之有效的工程分析手段，甚至成为 CAE 的代名词。



## 9.1.1 有限元法及其计算

有限元法（Finite Element Method，FEM）是随着计算机的发展而迅速发展起来的一种现代计算方法，是一种求解关于场问题的一系列偏微分方程的数值方法。

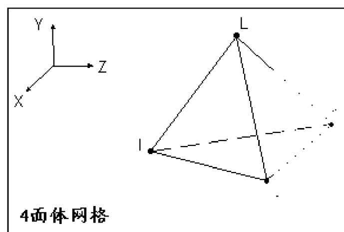
在机械工程中，有限元法已经作为一种常用方法被广泛使用。凡是计算零部件的应力、变形和进行动态响应计算及稳定性分析等都可用有限元法。例如，进行齿轮、轴、滚动轴承及箱体的应力、变形计算和动态响应计算，分析滑动轴承中的润滑问题，焊接中残余应力及金属成型中的变形分析等。

有限元法的计算步骤可归纳为以下三个基本步骤：网格划分、单元分析、整体分析。

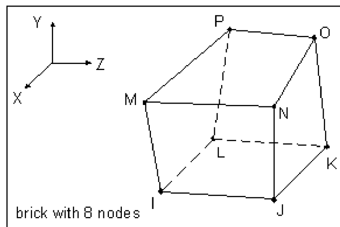
### 1. 网格划分

有限元法的基本做法是用有限个单元体的集合来代替原有的连续体。因此首先要对弹性体进行必要的简化，再将弹性体划分为有限个单元组成的离散体。单元之间通过节点相连接。由节点、节点连线和单元构成的集合称为网格。

通常把三维实体划分成四面体（4 节点）或六面体单元（8 节点）的实体网格，如图 9-1 所示。平面问题划分成三角形或四边形单元的面网格，如图 9-2 所示。

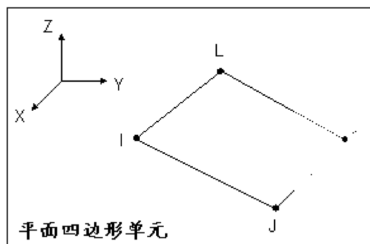



四面体 4 节点单元




六面体 8 节点单元

图 9-1 实体网格与单元



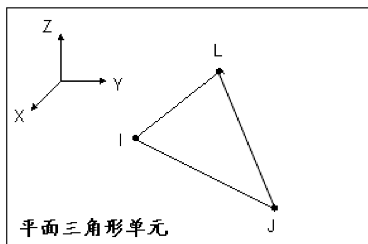




图 9-2 平面网格单元

2. 单元分析

对于弹性力学问题，单元分析就是建立各个单元的节点位移和节点力之间的关系式。

由于将单元的节点位移作为基本变量，进行单元分析首先要为单元内部的位移确定一个近似表达式，然后计算单元的应变、应力，再建立单元中节点力与节点位移的关系式。

以平面三角形 3 节点单元为例，如图 9-3 所示，单元有三个节点 I、J、M，每个节点有两个位移 u、v 和两个节点力 U、V。

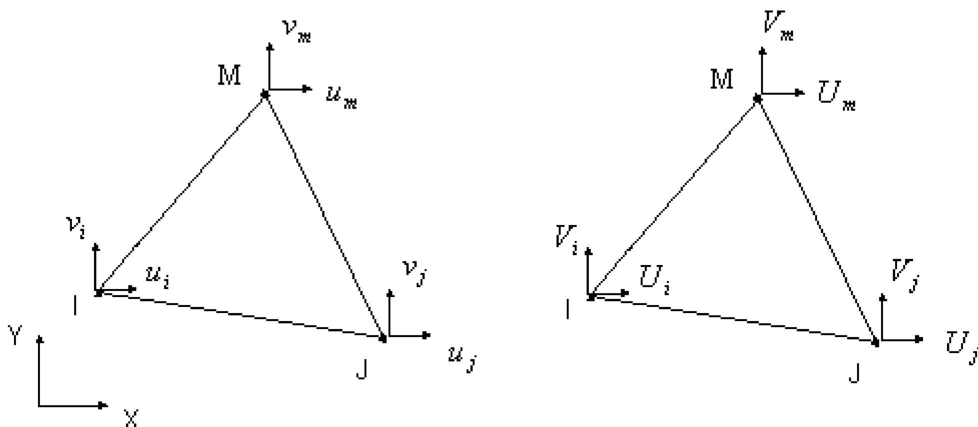



图 9-3　三角形 3 节点单元

单元的所有节点位移、节点力，可以表示为节点位移向量（vector）：

$$\text{节点位移}\{\delta\}^e=\begin{Bmatrix}u_i\\v_i\\u_j\\v_j\\u_m\\v_m\end{Bmatrix}\text{节点力}\{F\}^e=\begin{Bmatrix}U_i\\V_i\\U_j\\V_j\\U_m\\V_m\end{Bmatrix}$$

单元的节点位移和节点力之间的关系用张量（tensor）来表示：

$$\{F\}^e=[K]^e\{\delta\}^e$$

3. 整体分析

对由各个单元组成的整体进行分析，建立节点外载荷与节点位移的关系，以解出节点位移，这个过程称为整体分析。同样以弹性力学的平面问题为例，如图 9-4 所示，在边界节点 $i$ 上受到集中力 $P_x^i$，$P_y^i$ 作用。节点 $i$ 是三个单元的结合点，因此要把这三个单元在同一节点上的节点力汇集在一起建立平衡方程。

i 节点的节点力：

$$U_i^{(1)}+U_i^{(2)}+U_i^{(3)}=\sum_e U_i^{(e)}$$

$$V_i^{(1)}+V_i^{(2)}+V_i^{(3)}=\sum_e V_i^{(e)}$$

i 节点的平衡方程：

$$\left.\begin{aligned}\sum_e U_i^{(e)} &= P_x^i \\ \sum_e V_i^{(e)} &= P_y^i\end{aligned}\right\}$$



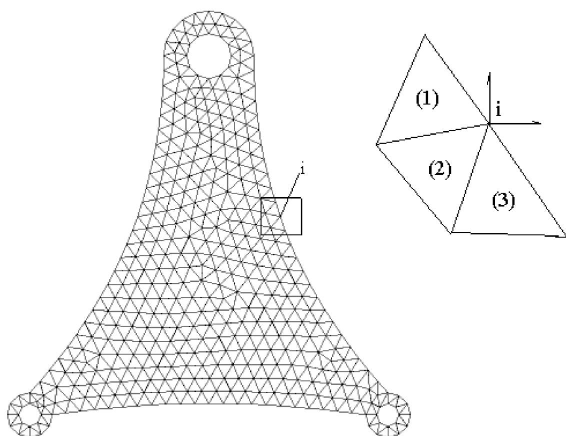



图 9-4　整体分析



## 9.1.2　在机械工程领域内可用有限元法解决的问题

在机械工程领域内可用有限元法解决如下问题。

- 包括杆、梁、板、壳、三维块体、二维平面、管道等各种单元的各种复杂结构的静力分析。
- 各种复杂结构的动力分析，包括频率、振型和动力响应计算。
- 整机（如水压机、汽车、发电机、泵、机床）的静、动力分析。
- 工程结构和机械零部件的弹塑性应力分析及大变形分析。
- 工程结构和机械零件的热弹性蠕变、黏弹性、黏塑性分析。
- 大型工程机械轴承油膜计算。



## 9.1.3　UG NX 仿真环境

在 UG 环境下生产的零件模型直接被有限元分析模块调用后，进入到有限元分析的前处理阶段。在前处理阶段，需对建模模型进行处理，包括对模型结构的简化，载荷、约束条件的施加，材料的分配，网络单元类型的选择、模型错误检查等。

在主分析阶段，主要由计算机自动完成，包括变形计算、应力计算、收敛计算等。最后是后处理阶段，进行加工处理并形象化，将计算的结果转化为直观明了的图形和文字描述，通过图形的静、动态显示或绘制相应的图形，有效检查设计结果，辅助用户判定计算结果与设计方案的合理性。

### 1. 高级仿真分析界面

UG 中有两种有限元仿真分析环境：高级仿真和设计仿真。设计仿真环境是针对基本研究验证的设计工程师开发的。而高级仿真分析环境则是供专业分析师使用的有限元分析工具。本章仅将重点介绍高级仿真分析环境。

高级仿真是一种综合性的有限元建模和结果可视化的产品，旨在满足资深分析员的需要。高级仿真包括一整套预处理和后处理工具，并支持多种产品性能评估解法，图 9-5 为高级仿真分析环境界面。

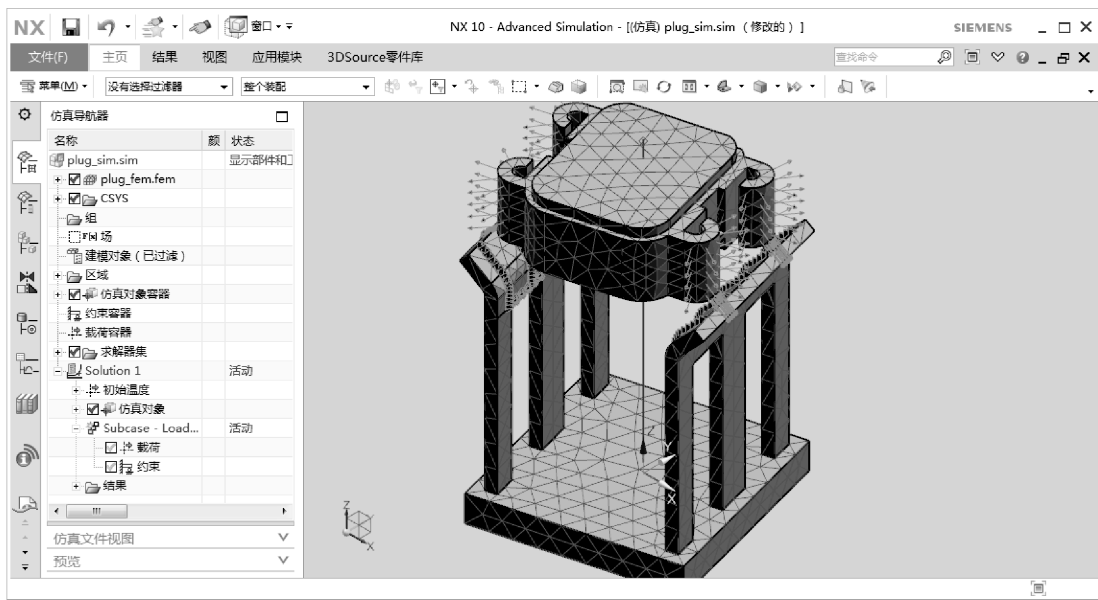



图 9-5　UG 高级仿真分析环境

## 2. 高级仿真分析流程

UG 有限元分析（高级仿真）可大幅缩短用于准备分析模型的时间。对于需要进行高端分析的经验丰富的分析人员，NX 可以提供他们期盼已久的所有高级网格划分、边界条件加载和解算器接口。但是与所有其他前处理器相比，高级仿真的独到之处在于它集成卓越的几何模型基础的方式，能够支持对多 CAD 数据的直观几何模型编辑和分析模型关联性。与传统分析建模工具相比，之所以能够使建模时间缩短 70% 之多，关键在于强大的几何模型引擎与强健的分析建模命令的紧密集成。

高级仿真的有限元分析流程如下。

（1）获得一个部件或装配件模型，确定所需的分析、边界条件和结果。

（2）选择求解器（如 NX Nastran）。

（3）理想化部件。

（4）在部件上创建网格，包括所需要的材料和物理数据。

（5）施加在第 1 步中确定的边界条件（载荷和约束）。

（6）求解模型。

（7）查看结果并准备报告。

## 3. 高级仿真的文件结构

高级仿真在四个独立而关联的文件中管理仿真数据。要在高级仿真中高效工作，需要了解哪些数据存储在哪个文件中，以及在创建那些数据时哪个文件必须是活动的工作部件，如图 9-6 所示。

● 主模型（Master Part）文件：包含主模型部件和未修改的部件几何体。如果在理想

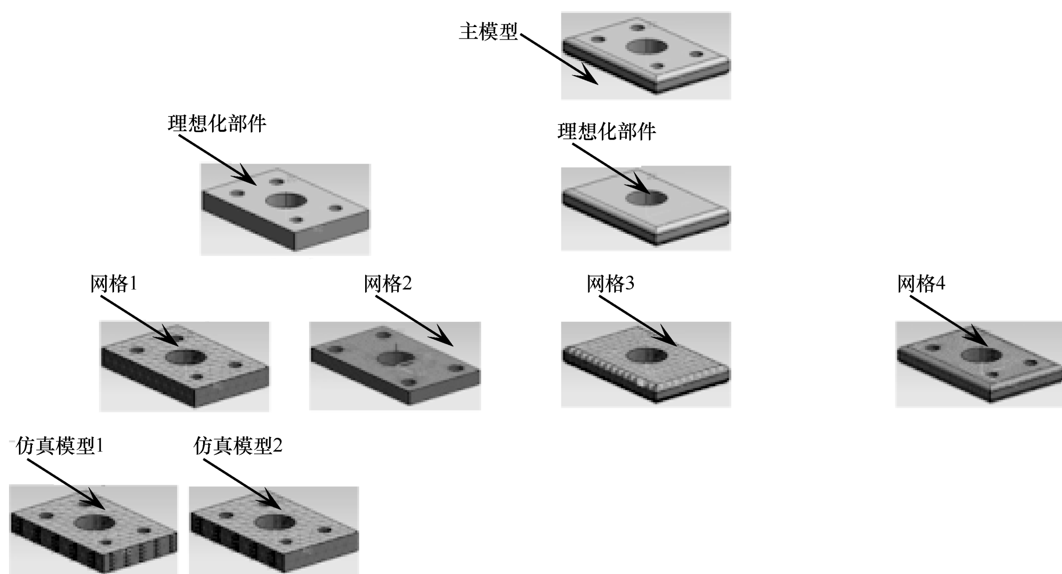



图 9-6　高级仿真的文件结构

化部件中使用部件间表达式，主模型部件则具有写锁定。仅在使用主模型尺寸命令直接更改或通过优化间接更改主模型尺寸时，会发生该情况。大多数情况下，主模型部件将不更改，也根本不会具有写锁定。写锁定可移除，以允许将新设计保存到主模型部件，如图 9-7 所示。

- 理想化部件（Idealize Part）文件：包含理想化部件，理想化部件是主模型部件的装配事例。理想化工具（如抑制特征或分割模型）允许用户使用理想化部件对模型的设计特征进行更改。用户可以按需要对理想化部件执行几何体理想化，而不修改主模型部件，如图 9-8 所示。

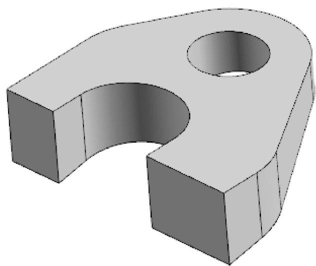


图 9-7　主模型

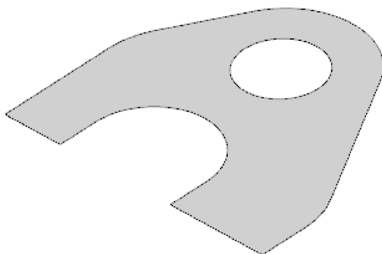


图 9-8　理想模型

- 有限元模型（FEM）文件：包含网格（节点和单元）、物理属性和材料。FEM 文件中的所有几何体都是多边形几何体。如果对 FEM 进行网格划分，则会对多边形几何体进行任何进一步几何体抽取操作，而不是理想化部件或主模型部件。FEM 文件与理想化部件相关联。可以将多个 FEM 文件与同一理想化部件相关联，如图 9-9 所示。
- 仿真（SIM）文件：包含所有仿真数据，例如解法、解法设置、解算器特定仿真对象（例如温度调节装置、表格、流曲面等），载荷、约束、单元相关联数据和替代。可以创建许多与同一 FEM 部件相关联的仿真文件，如图 9-10 所示。

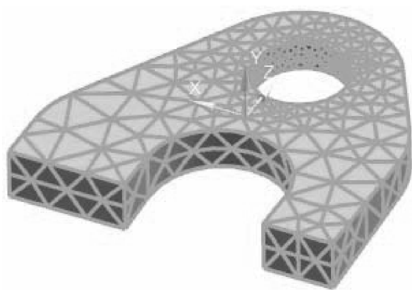


图 9-9　FEM 模型

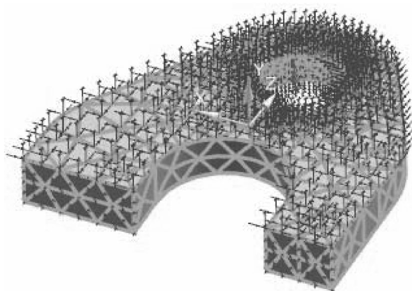


图 9-10　SIM 模型

- 装配（FEM）文件：装配（FEM）文件是一个可选文件类型，可用于创建由多个 FEM 文件组成的系统模型。装配 FEM 文件包含所引用的 FEM 文件的事例和位置数据，以及连接单元和属性覆盖，如图 9-11 所示。

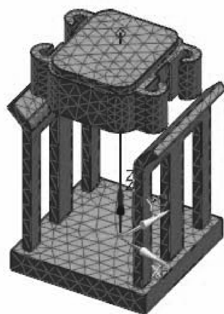


图 9-11　装配（FEM）文件

#### 4. 高级仿真导航器

仿真导航器提供了一种图形方式，以查看和操控一个树型结构内 CAE 分析的不同文件和组件。每个文件或组件均显示为该树中的独立节点，如图 9-12 所示。

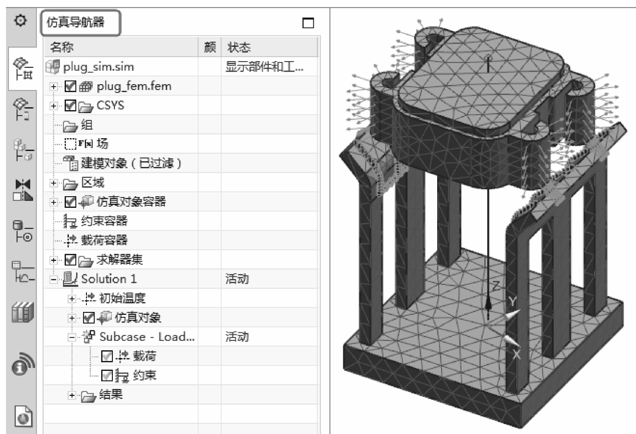



图 9-12　仿真导航器

可以使用仿真导航器执行分析过程中的所有步骤，右键单击导航器中提供的命令可以实现以下操作。

- 在 FEM 文件内定义网格。

- 显示选定的多边形几何体。
- 使理想化部件成为显示部件。

# 9.2 有限元分析模型的准备



有限元分析的模型准备有两种途径：一是直接打开创建的模型及装配体文件，然后进行网格划分；二是通过设置分析环境，选择合适的结算器和分析类型，进入有限元分析环境中再创建网格分析模型。常用的方式是打开已有主模型，直接在有限元分析环境中进行分析。



## 9.2.1　设置分析环境

设置分析环境是指定分析时所选用的结算器和指定分析类型。在新建一个 FEM 仿真文件后，选择合适的分析环境，阻止定义无效的有限元对象。因为不同的分析环境定义的有限元对象也不同。如果从一个分析环境转换到另一个分析环境，则不适应于新分析环境的有限元对象会被自动删除。

如果一个新的 FEM 有限元模型是克隆其他 FEM 模型得到的，那么新模型的分析环境与前一模型的分析环境是相同的。如果 FEM 模型是从主模型直接产生的，则分析环境为默认环境，也就是结算器分析环境。

UG 有限元环境设置包括部件的指定、选择结算器和指定分析类型。

### 上机操作——设置有限元分析环境

**01**　启动 UG，打开本例模型文件【9－1. prt】，此时的 UG 环境为建模环境，如图 9-13 所示。

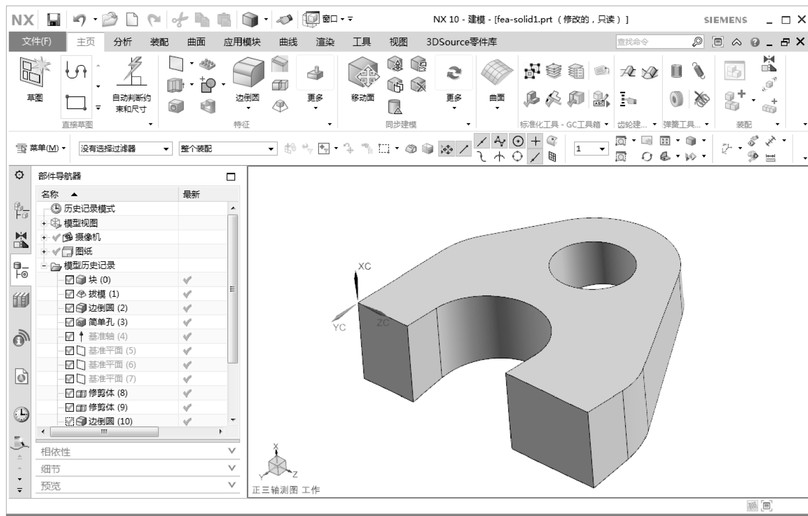



图 9-13　打开源文件模型

**02**　在功能区的【应用模块】选项卡中单击【高级】按钮，进入高级仿真分析的基本环境。在此基本环境中可以新建仿真文件，以及通过直接建模工具对模型进行简化，如图 9-14 所示。

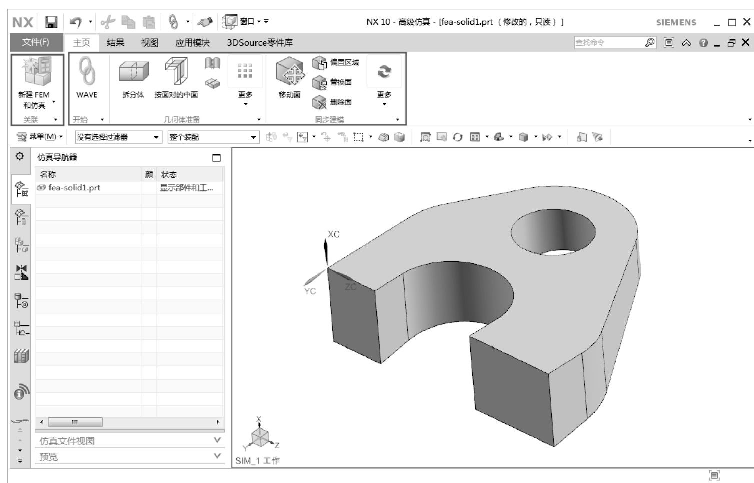



图 9-14　高级仿真分析的基本环境

**03** 在【关联】面板中单击【新建 FEM 和仿真】按钮，弹出【新建 FEM 和仿真】对话框，如图 9-15 所示。




图 9-15　【新建 FEM 和仿真】对话框

**04** 在【文件名】选项区中，默认为源模型创建两种文件：FEM 文件和 SIM 文件。在【理想化部件】选项区中勾选【创建理想化部件】复选框，将会在分析环境中创建理想化部件。如果零件结构本身比较简单，则无需勾选。

**05** 在【求解器环境】选项区的【求解器】列表中包含了 UG 高级仿真环境下可用的、所有的求解器。在【分析类型】列表中列出了各种求解器所适用的分析类型，如图 9-16 所示。表 9-1 列出了对每个解算器支持的分析类型和解法类型。




图 9-16　分析类型

**表 9-1　选择求解器和分析类型**

| 分析类型 | 分析类型描述 | 支持的解法类型 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | NX Nastran | MSC Nastran | ANSYS | ABAQUS |
| 结构 | 线性静态 | SESTATIC101 – 单个约束<br>SESTATIC101 – 多个约束 | SESTATIC101 – 单个约束<br>SESTATIC101 – 多个约束 | 线性静态 | 静态摄动 |
| | 模态分析 | SEMODES103<br>SEMODES103 – 响应仿真 | SEMODES103 | 模态 | 频率摄动 |
| | 线性屈曲 | SEBUCKL105 | SEBUCKL105 | 屈曲 | 屈曲摄动 |
| | 非线性静态 | NLSTATIC106 | NLSTATIC106 | 非线性静态 | 常规 |
| | 直接频率响应 | SEDFREQ 108 | | | |
| | 直接瞬态响应 | SEDTRAN 109 | | | |
| | 模态频率响应 | SEMFREQ 111 | | | |
| | 模态瞬态响应 | SEMTRAN 112 | | | |
| | 非线性瞬态响应分析 | NLTRAN 129 | NLTRAN 129 | | |
| | 高级非线性静态（隐式） | ADVNL 601，106 | | | |
| | 高级非线性瞬态响应（隐式） | ADVNL 601，129 | | | |
| | 高级非线性动态分析（显式） | ADVNL 701 | | | |
| 热 | 稳态热传递 | NLSCSH153 | NLSCSH153 | 热 | 热传递 |
| 轴对称结构 | 轴对称结构 | SESTATIC101 – 多个约束<br>NLSTATIC106<br>ADVNL 601，106<br>ADVNL 601，129 | SESTATIC101 – 多个约束<br>NLSTATIC106 | 线性静态<br>非线性静态 | 静态摄动<br>常规 |
| 轴对称热 | 轴对称热 | NLSCSH153 | NLSCSH153 | 热 | 热传递 |

- NX Nastran MSC Nastran：对于结构性解算，约束可以存储在主解法或子工况中；载荷存储在子工况中。对于热解算，载荷和约束均存储在子工况中。
- ANSYS：约束存储在主解法中，且载荷存储在子步骤中；对于非线性静态解算和热解算，约束存储在子步骤中。
- ABAQUS：加载历史记录被分为几个步骤。对于线性分析，每个步骤基本上都是一个载荷工况。所有载荷和约束都分在指定的步骤中。步骤可以包含任意数目、任意

类型的载荷和约束。

| 技巧点拨 | 如果要进行仿真的问题是一个步骤的结果成为下一步骤的基本条件，则必须确保上一步骤的载荷和边界条件也包括在后续步骤中。 |
| --- | --- |

- LSDYNA：对于 LS－DYNA 解算器，使用创建解法对话框可创建结构解法。此功能用于未来扩展。不必创建仿真文件或解法。可改为从 FEM 直接执行导出仿真命令，以写入 LS－DYNA 关键字文件。高级仿真不支持 LS－DYNA 的边界条件或载荷。
- NX Nastran Design：该解算器是适用于设计仿真用户的 NX Nastran 解算器的流线型版本。可以使用 NX Nastran Design 来执行线性静态、振动（自然）模式、线性屈曲和热分析。
- NX 热/流：通过此解算器可以执行热传递和计算流体动力学（CFD）分析。可将两种解算器单独使用或结合使用来获得耦合的热流结果。
- NX Electronic System Cooling：此解算器是一个综合的热传递和流仿真套件，它将热分析和计算流体动力学（CFD）分析相结合。可以使用此解算器来分析电子设计的复杂热问题。
- NX 空间系统热：此解算器提供了用于空间和常规应用的热仿真工具的综合套件。

**06** 在【网格变形】选项区勾选【保存完整变形数据】复选框，单击【确定】按钮，进入高级仿真分析环境，并弹出【解算方案】对话框，如图 9-17 所示。

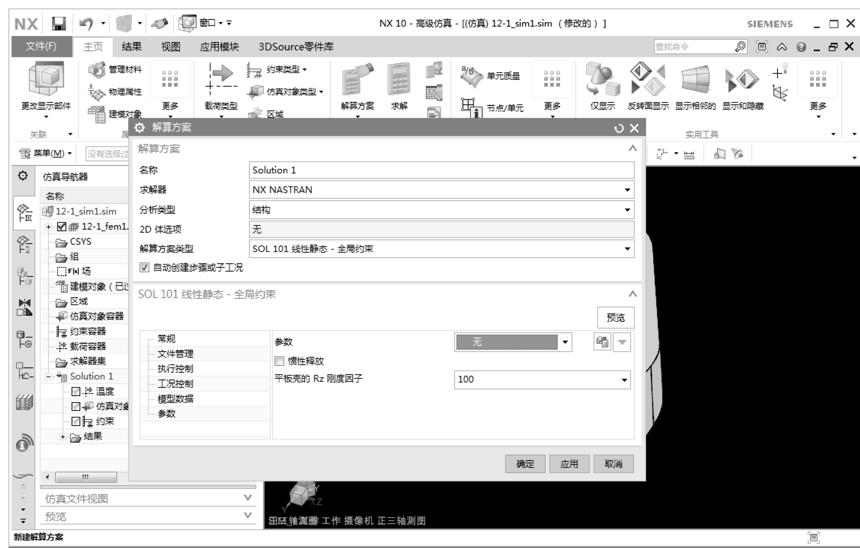


图 9-17 弹出【解算方案】对话框

**07** 在【解算方案】对话框中设置解算方案类型，求解器和分析类型可以在此对话框中进行重新选择。单击【确定】按钮，进入到高级仿真分析环境的网格划分界面。在此界面中进行网格划分，如图 9-18 所示。

**08** 网格划分后，在【关联】面板中单击【激活仿真】按钮，进入到高级仿真分析界面，如图 9-19 所示。

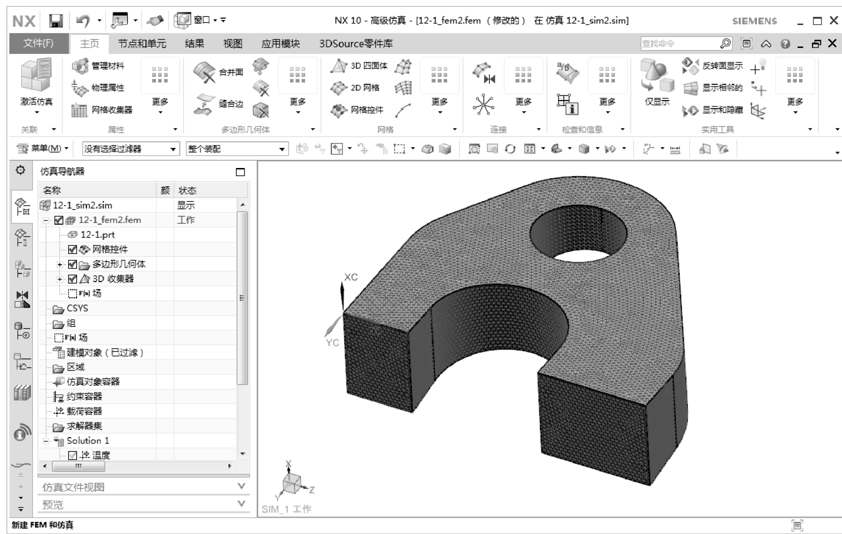



图 9-18　UG 高级仿真的网格划分界面

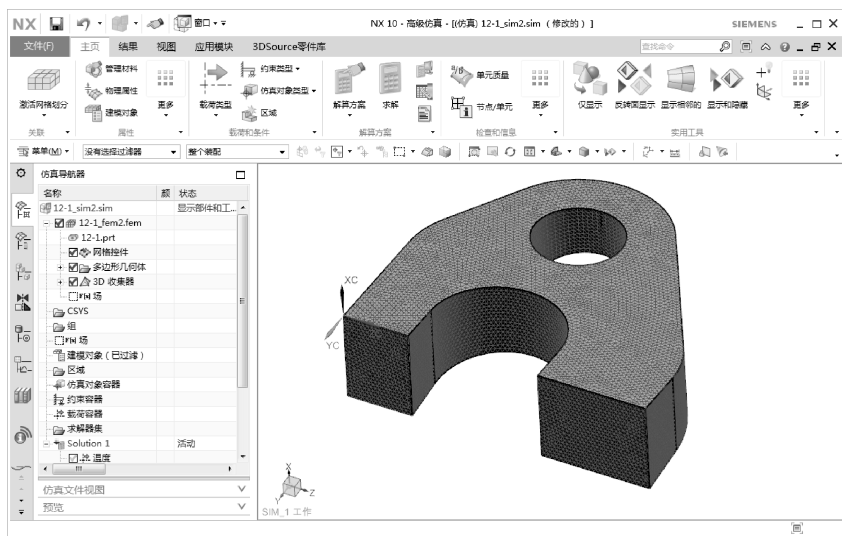



图 9-19　高级仿真分析界面

| 技巧点拨 | 当然，也可以在【结算方案】面板中单击【结算方案】按钮，重新设置求解器、分析类型和结算方案类型等。 |
| --- | --- |



## 9.2.2　简化模型

做有限元分析时，如果模型中有许多附加子特征，如加强筋、圆角、倒角、凸台、垫块等，必将导致网格质量缺陷，进而消耗掉大量的分析时间。因此，我们需要对这些附加子特征进行清除处理，清除处理后得到理想模型，对于分析结果来说，这些附加特征的影响微乎其微，几乎可以忽略不计。

模型简化工具位于高级仿真的基本分析环境中，如图 9-20 所示。

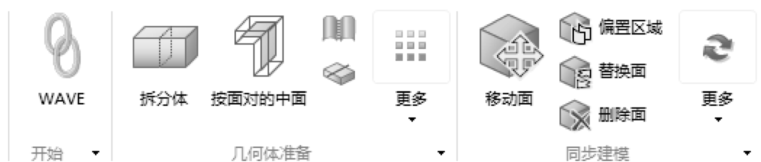


图 9-20　模型简化工具

在高级仿真的分析环境中，可以在仿真导航器中 FEM 文件下，将理想化模型设为【显示部件】，即可返回到基本分析界面，如图 9-21 所示。



图 9-21　设置理想化部件为显示部件

表 9-2 中对仿真导航器中的各种节点进行了高度概括。

**表 9-2　仿真导航器中的节点**

| 图标 | 节点名称 | 节点描述 |
|---|---|---|
| | 仿真 | 包含所有仿真数据，例如解法、解法设置、解算器特定仿真对象、载荷、约束和覆盖。可以让多个仿真文件与单个 FEM 文件相关联 |
| | FEM | 包含所有网格数据、物理属性、材料数据和多形几何体。FEM 文件始终与理想化部件相关联。可以将多个 FEM 文件与单个理想化部件相关联 |
| | 理想化部件 | 包含在创建 FEM 时软件自动创建的理想化部件 |
| | 主模型部件 | 如果主模型部件是工作部件，则右键单击主模型部件节点以创建新的 FEM 或显示现有的理想化部件 |
| | CAE 几何体 | 包含多形几何体（多形体、面和边） |
| | 0D 网格 | 包含所有 0D 网格 |
| | 1D 网格 | 包含所有 1D 网格 |
| | 2D 网格 | 包含所有 2D 网格 |
| | 3D 网格 | 包含所有 3D 网格 |
| | 仿真对象容器 | 包含特定于解算器和特定于解法的对象，例如温度调节装置、表或流曲面 |
| | 载荷容器 | 包含指定给当前仿真文件的载荷。在解法容器中，载荷容器包含指定到给定子工况的载荷 |
| | 约束容器 | 包含指定给当前仿真文件的约束。在解法容器中，约束容器包含指定给解法的约束 |
| | 解法 | 包含解法的解法对象、载荷、约束和子工况 |
| | 子工况步骤 | 包含特定于某一解法中每个子工况的解法实体，例如载荷、约束和仿真对象 |
| | 结果 | 包含一个解算的任何结果。在后处理器中，可以打开结果节点，并使用仿真导航器中的可见性复选框控制各种结果集的显示 |

模型简化可带来以下几点对分析结果的优势。

- 添加特征到理想化部件，使分析更便利。

● 分割大的体积，使该体积的网格化更便利。
● 在薄壁部件上创建一个中位面，使 2D 网格化更便利。
● 从模型上移除那些会降低该区域上单元质量的非常小的曲面或小的边。
● 添加几何体到模型，以供分析时使用。例如，可以添加边到几何体，以控制该区域中的网格，或者可以定义其他基于边的载荷或约束。

事实上，在高级仿真分析环境中，模型简化工具比较分散，有时候一个特征的清除需要应用几个工具来完成，而在设计仿真分析环境中，除了相同的模型简化工具外，还有两个最便捷的理想化几何体工具：理想化几何体和移除几何特征。

下面就这两个工具的用法进行详解。

## 上机操作——理想化几何体

**01** 打开本例素材源文件【9－2. prt】，如图 9-22 所示。模型中有圆角特征和孔特征，我们仅清除比较小的圆角和孔。

**02** 在【应用模块】选项卡【仿真】面板中单击【设计】按钮，弹出【新建 FEM 和仿真】对话框，保留对话框中各选项的默认设置，单击【确定】按钮，进入设计仿真分析环境，如图 9-23 所示。

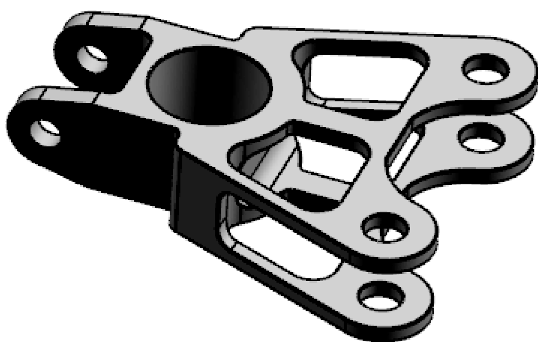


图 9-22　分析模型




图 9-23　新建 FEM 和仿真文件

| 技巧点拨 | 要进行【理想化几何体】的简化操作，必须勾选【创建理想化部件】复选框。 |
| --- | --- |

**03** 在【仿真导航器】中，将【9－2_fem1_i. prt】理想化模型设为工作部件，进入理想化部件的激活界面，如图 9-24 所示。

**04** 由于理想化模型是分析模型，性质上属于装配体类型，不是原实体特征模型。所以需要进行 WAVE 链接，复制出一个实体特征模型出来。单击【开始】面板中【WAVE】按钮，选择理想化模型作为几何链接参考，单击【确定】按钮完成链





接，如图9-25所示。

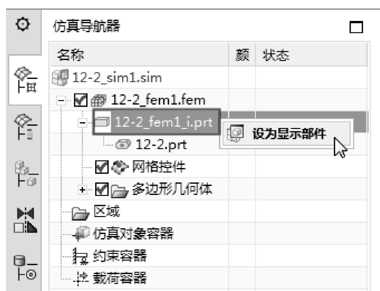



图9-24　设置理想化模型为工作部件




图9-25　WAVE链接模型

**05** 在【几何体准备】面板中单击【理想化几何体】按钮，弹出【理想几何体】对话框。选中链接模型为理想化对象，则【理想化几何体】对话框中的选项全部激活。

**06** 勾选【圆角】复选框，并设置半径<=5，链接模型上所有小于且等于5mm半径的圆角被自动选中（高亮显示），如图9-26所示。




图9-26　设置要理想化的圆角半径

| 技巧点拨 | 如果模型中有直径较小的孔，也可以在【理想化几何体】对话框中勾选【孔】复选框，设置直径<=预定值即可。 |
| --- | --- |

**07** 单击【确定】按钮，完成链接模型的理想化操作，如图9-27所示。

**08** 由于我们还要在高级仿真分析环境中进行操作，所以在【应用模块】选项卡中单击【高级】按钮，重新进入高级仿真的理想化部件模型界面。然后在仿真导航器中右击理想化模型，并选择【显示FEM】|【9-2_fem1.fem】命令，进入网格划分操作界面，如图9-28所示。

**09** 此时，在仿真导航器的【多边形几何体】节点项目下，有两个几何体。一个是原几何体，另一个是WAVE链接的几何体，如图9-29所示，取消原模型几何体的显示，这样界面中就只有经过简化处理的链接模型了。

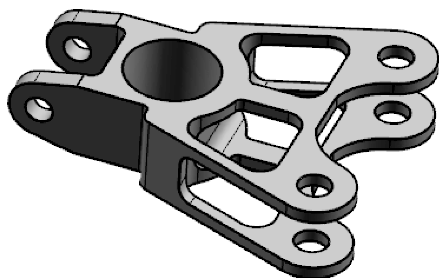


图 9-27 清除圆角后的模型

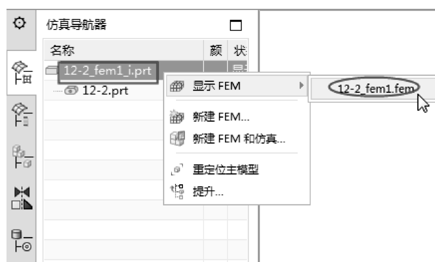



图 9-28 返回 FEM 环境中



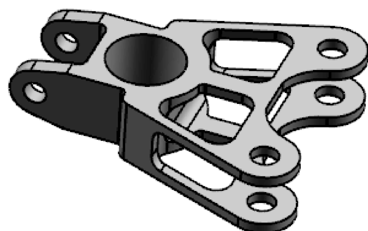



图 9-29 查看简化模型

## 上机操作——移除几何特征

【移除几何特征】工具主要是以选择面的方式来清除筋特征、孔特征、圆角特征等。

**01** 打开本例素材源文件【9－3. prt】，如图 9-30 所示。模型中有圆角特征和孔特征，我们仅清除比较小的圆角和孔。

**02** 在【应用模块】选项卡【仿真】面板中单击【设计】按钮，弹出【新建 FEM 和仿真】对话框，保留对话框中各选项的默认设置，单击【确定】按钮，进入设计仿真分析环境。

**03** 在【仿真导航器】中，将【9－2_fem1_i. prt】理想化模型设为工作部件，进入理想化部件的激活界面，如图 9-31 所示。

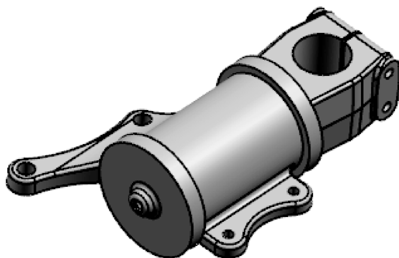


图 9-30 分析模型

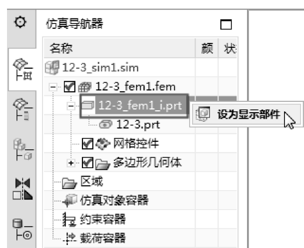



图 9-31 设置理想化模型为工作部件

**04** 在【开始】面板中单击【提升】按钮，选择理想化模型创建提升体，如图 9-32 所示。



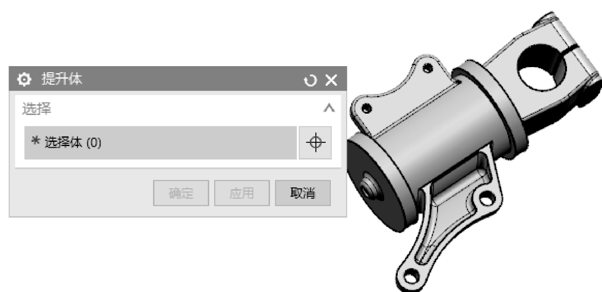



图 9-32 创建提升体

| 技巧点拨 | 由于本例模型原本是一个装配体中的组件之一，虽然是单个模型，但还具有一定的装配属性，并不是真正意义上的实体模型，所以，通过创建提升体，将独立装配组件模型提升，变成可编辑的实体模型，其作用与 WAVE 链接类似，不同的是，提升并不会再复制出新模型，仅仅是对原模型的属性进行修改。 |
| --- | --- |

**05** 在【几何体准备】面板【更多】库中单击移除几何特征按钮，弹出【移除几何体】对话框。选中提升体模型上的一个孔面，单击【确定】按钮，删除该孔特征，如图 9-33 所示。

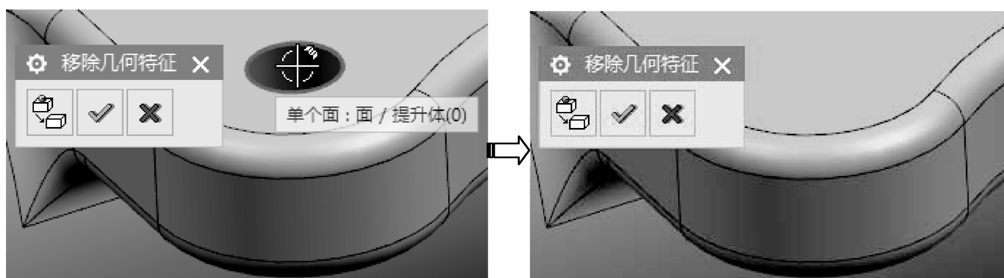



图 9-33 选择孔面以移除孔特征

**06** 同理，选择其他附加子特征上的面，移除该子特征，如图 9-34 所示。

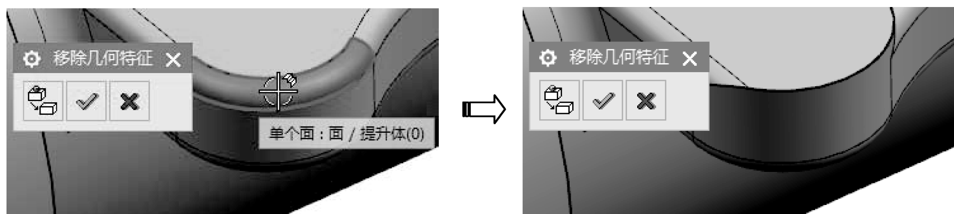



图 9-34 选择圆角面以移除圆角特征

**07** 在【应用模块】选项卡中单击【高级】按钮，重新进入高级仿真的理想化部件模型界面中。

**08** 在仿真导航器中右击理想化模型，并选择【显示 FEM】|【9－3_fem1. fem】命令，进入网格划分操作界面，如图 9-35 所示。

**09** 可以看到，在仿真导航器的【多边形几何体】节点项目下，只有一个几何体，说明提升体并不会产生新的链接模型，如图 9-36 所示。




图 9-35　返回 FEM 环境中

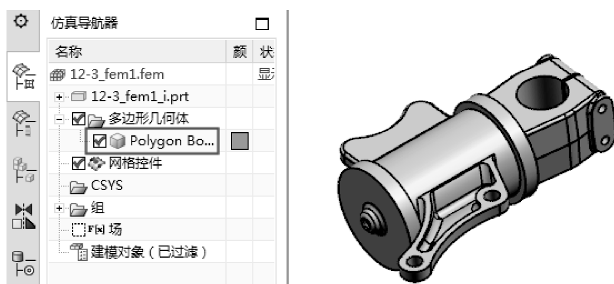



图 9-36　查看简化模型



## 9.2.3　分析模型的材料设置

使用材料可选择和定义材料及材料属性，以应用于构建的仿真和机构。材料的设置仅仅针对 FEM 模型。

在网格划分之前，可以使用【管理材料】工具定义分析模型的材料。定义分析模型的材料可以在以下两个位置进行。

- 在模型简化界面中【几何体准备】面板【更多】库中单击【指派材料】按钮 指派材料。
- 激活 FEM 文件（网格划分界面），在【属性】面板【更多】库中单击【指派材料】按钮 指派材料。

单击【指派材料】按钮 指派材料，打开【指派材料】对话框，如图 9-37 所示。

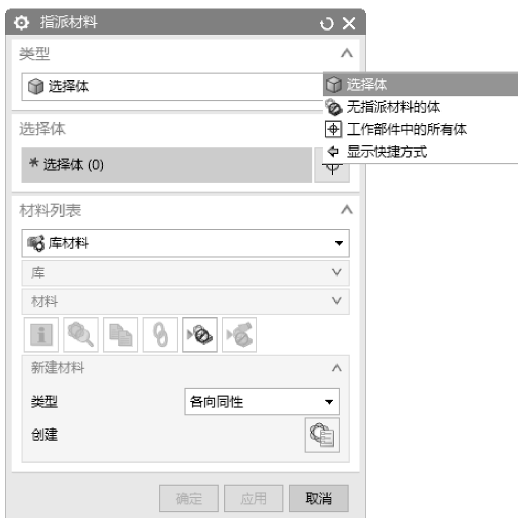



图 9-37　【指派材料】对话框

指派材料的对象可以是单个模型体、无指派材料的体和工作部件中所有的体。

- 选择体：允许选择单个模型指派材料。
- 无指派材料的体：当分析模型中存在多个实体，且部分已经指派过材料时，没有指派过材料的部分实体可以执行此方式一次性指派材料。
- 工作部件中的所有体：分析模型中存在多个实体，可以一次性指派材料。

在【材料列表】选项区中，可以使用【库材料】或者【本地材料】，使用【库材料】时可以选择不同的材料库，如图 9-38 所示。默认使用【NX 材料库】，【材料】列表框中显示 NX 材料库的每一种材料，如图 9-39 所示。




图 9-38　选择不同的库

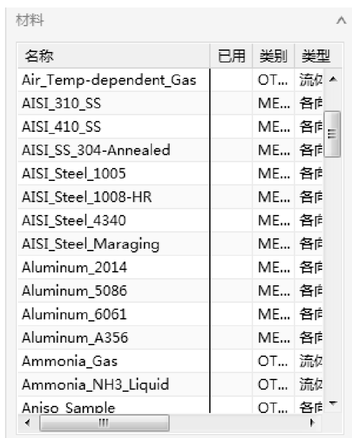



图 9-39　NX 库中的材料

选择一种材料后，单击对话框中【确定】按钮完成材料的指派。如果用户需要自定义材料，则单击【管理材料】按钮，在弹出的【管理材料】对话框中新建自定义的材料，如图 9-40 所示。

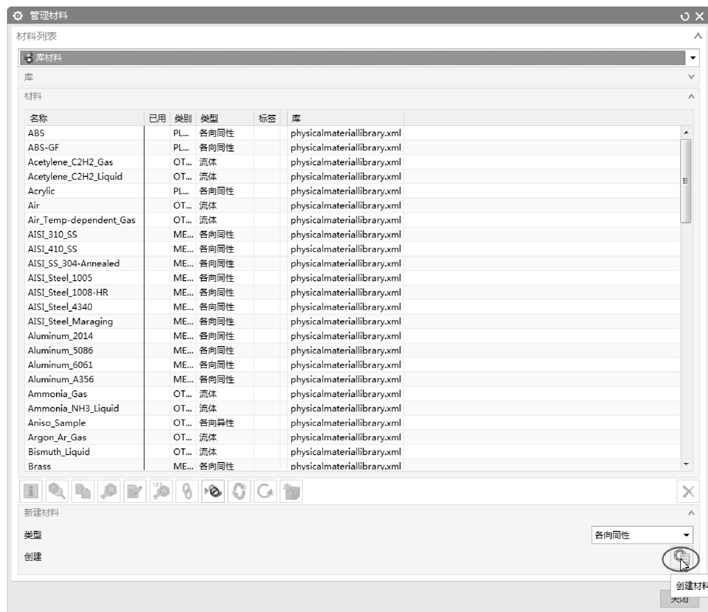



图 9-40　创建自定义的材料

# 9.3 网格划分

网格是构成有限元分析模型的重要组成元素，也是有限元分析计算的基础。网格的划分是将理想化模型拆分成有限数量的区域，这些区域被称为【单元】，单元之间由节点连接在一起。





## 9.3.1 网格单元

高级仿真中可以使用网格划分功能实现以下操作。

- 在选定点上生成 0D 单元。
- 在边上生成 1D（梁）单元。
- 在面上生成 2D（壳）单元。
- 在体积上生成 3D（体）单元。

**1. 单元大小**

单元的边长长度决定了单元的大小。在 UG 高级仿真环境中，单元大小是由边长控制的，图9-41 为1D 单元（或梁单元）、2D 单元（壳单元）以及3D 单元（体单元）的边长测量方法。

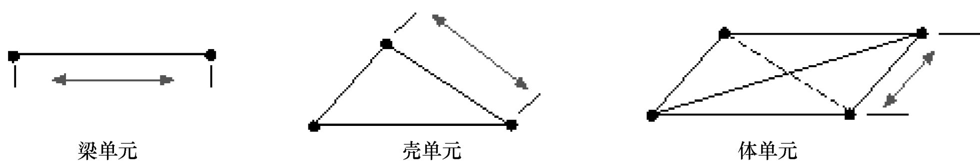



图 9-41　单元的测量方法

由于软件将周边几何体和单元质量问题考虑在内，因此，模型中单元边的实际长度可能会有所不同。

**2. 了解曲面网格的大小变化**

尽管单元大小选项可以定义总体网格的单元长度，但也可以让软件在曲面曲率的区域中改变该长度。这样便可以通过在特定的弯曲区域中创建更多较小的单元来细化这些区域中的网格。可使用 2D 网格对话框中基于曲率的大小变化选项和 3D 四面体网格对话框中的基于表面曲率的大小变化选项来控制软件如何根据曲面曲率改变三角形单元的长度。对于 3D 网格，这些三角形单元是软件用于生成体单元的单元。

在 2D 网格和 3D 四面体网格对话框中，可使用基于曲率的大小变化和基于表面曲率的大小变化选项指定一个百分比，控制软件根据曲率改变单元长度的量。

- 如果将滑块设置为 0，软件在整个模型中使用全局单元长度，而不考虑曲率。
- 如果将滑块设置为 50%，软件根据曲面曲率将单元长度在全局单元大小的 60% 和 100% 之间改变。
- 如果将滑块设置为 100%，软件将单元长度在全局单元大小的 10% 和 100% 之间改变。

图 9-42 说明如何根据区域或曲率改变单元长度使网格更好地表示曲面曲率。（A）显示仅使用单元大小选项进行粗糙网格化的曲面。（B）显示将基于曲率的大小变化或基于表面

曲率的大小变化滑块设置为 50% 的相同的网格化曲面。(C)显示将滑块设置为 100% 的相同的网格化曲面。

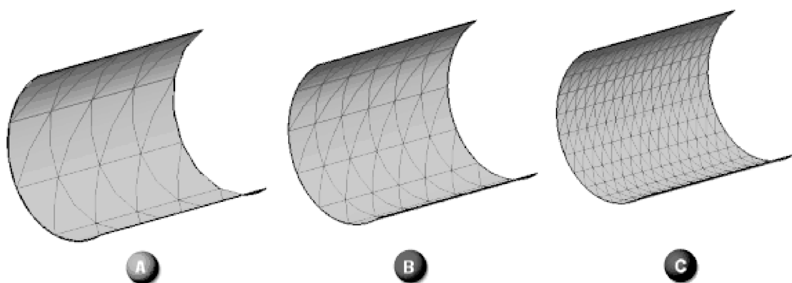



图 9-42 曲面曲率的表示

##  9.3.2 网格划分要注意的问题

我们在划分网格时，需要注意以下几个方面的问题。

(1) 网格密度

有限元方法是数值近似算法，一般情况下，网格密度越大，其计算结果与精确解的近似程度越高。但是，在已经获得比较精确计算结果的情况下，再加大网格密度没有任何意义。

在实际应用中，网格密度是由网格单元的长度来决定的，单元边长长度越短，密度就越大。反之，边长长度越大，网格密度就越稀疏。

对于不同的研究对象，单元格长度的取值是不同的。确定单元格长度可采用如下 3 种方法。

- 数据实验法：分别输入不同的单元格相比较，选取计算精度可以达到要求，且计算时间较短、效率较高的单元格长度值，这种方法较复杂，往往用于无同类数据可参考的情况。
- 同类项比较法：借鉴同类产品的分析数据。比如，在对摩托车铝车轮进行网格划分时，可以适当借鉴汽车铝车轮有限元分析时的单元格长度。
- 根据研究对象的特点，结合国家标准规定的要求，与实验数据相结合。比如，对车轮有限元分析模型，有许多边界参数可参考 QC/T 29—1996 标准的要求，同时结合铝车轮制造有限公司的实验数据取得。

(2) 网格形状

对于平面网格而言，有三角形网格、四边形网格和混合网格可供选择。对于三维网格，可以选择的网格形状有四面体、金字塔、六面体以及混合网格。网格形状的选择，很大程度上取决于计算所使用的分析类型，例如线性分析和非线性分析对网格形状要求不一样，模态分析和应力分析对网格形状的要求也不同。

(3) 网格维数

在网格维数方面，一般有三种方案可供选择。第一种是线性单元，有时也称之为低阶单元，其形函数是线性形式，表现在单元结构上，可以用是否具有中间节点来判断是否是线性单元，无中间节点的单元即线性单元。在实际应用中，线性单元的求解精度一般来说不如阶次高的单元，尤其是要求峰值应力结果时，低阶单元往往不能得到比较精确的结果。第二种

是二次单元，有时也称为高阶单元，其形函数是线性形式，表现在单元结构上，带有中间节点的单元即二次单元。如果要求得到精确的峰值应力结果，高阶单元往往更能够满足要求。而且，一般来说，二次单元对于非线性特性的支持比低阶单元要好，如果求解涉及较复杂的非线性状态，则选择二次单元可以得到更好的收敛特性。第三种是选择所谓的 p 单元，其形函数一般是大于 2 阶的，但阶次一般不会大于 8 阶，这种单元应用局限性较大，这里不作详细讲述。





### 9.3.3 网格划分工具

在 UG 中，几何体的要素包括点、线、面及实体。我们可以使用网格划分工具划分从 0D（点网格）、1D（线网格）、2D（面网格）到 3D（体网格）的网格。

在 UG 高级仿真分析环境中，网格划分工具位于【网格】面板的【更多】库中，如图 9-43 所示。

#### 1. 0D 网格划分

可以使用【0D 网格】工具在特定节点处创建基于点的单元或标量单元。尽管可以使用【0D 网格】工具创建的单元的类型取决于指定的求解器，但基于点的单元一般包括如下两种。

- 集中质量单元。
- 特定类型的弹簧单元。

通常，0D 单元用于将集中质量或载荷添加到模型中。0D 单元并不影响模型的静态行为。图 9-44 为划分的 0D 网格。

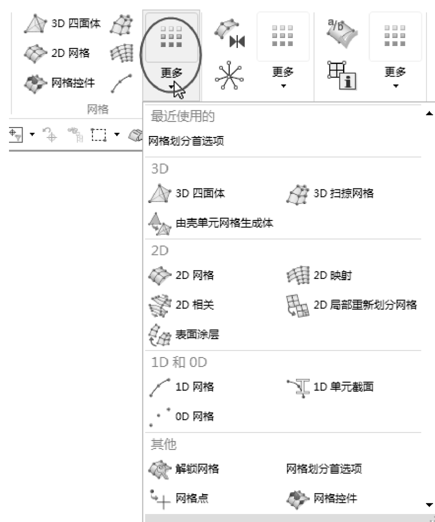



图 9-43　网格划分工具

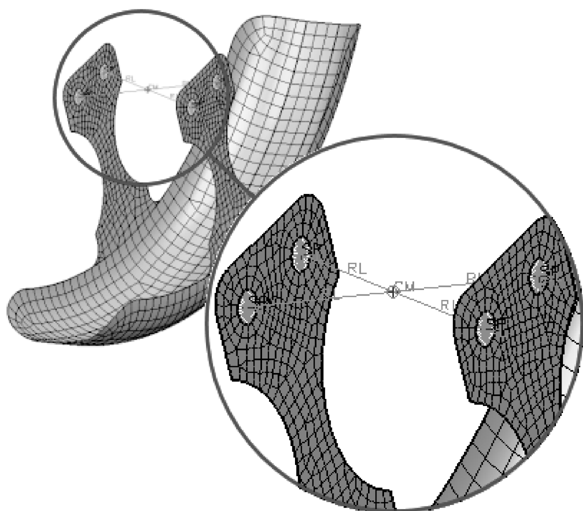



图 9-44　0D 网格（点网格）

#### 2. 1D 网格划分

1D 网格用于创建与几何体关联的一维单元网格，可以沿曲线或多边形边创建或编辑一维单元。

一维单元是包含两个节点的单元，根据类型的不同，这些单元可能需要方向分量。一维

单元是单元属性沿直线或曲线定义的单元。1D 单元通常应用于梁、加强筋和桁架结构。

使用【1D 网格】工具在选择的边或曲线上创建梁单元时，这些边或曲线的方向将控制梁单元的方向。如果边或曲线的方向不一致，则产生的梁单元的方向也将不一致。

单击【1D 网格】按钮，弹出【1D 网格】对话框。选择钢梁上的一条边作为网格划分对象，输入单元数，其他参数保留默认设置，单击【确定】按钮，即可创建默认属性的 1D 网格，如图 9-45 所示。

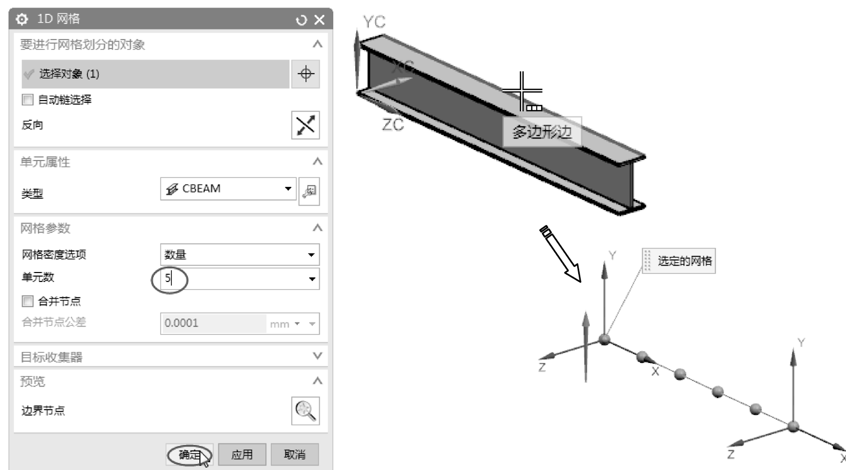


图 9-45　创建 1D 网格（梁单元）

### 3. 2D 网格划分

2D 网格划分工具如图 9-46 所示。



图 9-46　2D 网格划分工具

（1）2D 自由网格划分

使用【2D 网格】工具在选定的面上生成线性或抛物线三角形或四边形单元网格。2D 单元一般也称为壳单元或板单元。例如，可以在中面模型（如图 9-47 所示的托架中面）上生成网格。【2D 网格】对话框如图 9-48 所示。

（2）2D 映射网格划分

使用【2D 映射】工具可在选定的面上生成线性或抛物线三角形或四边形单元结构化网格。如果在三边面上生成映射网格，可以控制网格退化所在的顶点。

2D 映射网格使用的网格划分方法基于无限插值技术。相对于自由网格，使用映射网格能够更好地控制单元在整个面上的分布，可用于网格划分特定类型的几何体（如圆角和圆柱），因为这种几何体需要规则网格。图 9-49 为三边面（A）和四边面（B）上的映射网格的示例。

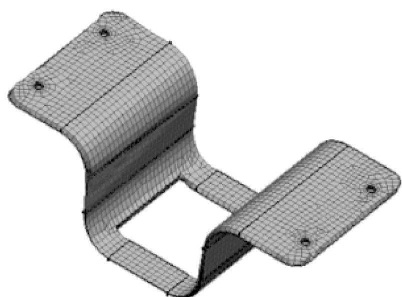


图 9-47　划分的 2D 网格




图 9-48　【2D 网格】对话框

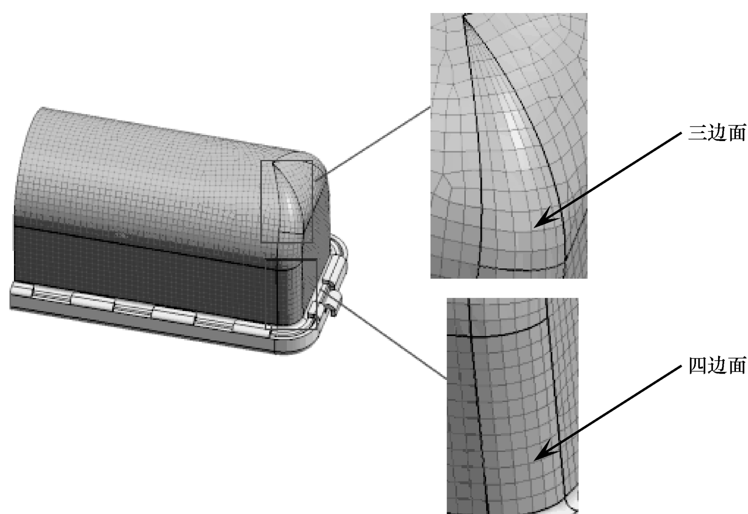



图 9-49　在三边面和四边面上的映射网格

使用 2D 映射网格时，一旦选择了适当的面，软件便会自动计算拐角的位置，还会使用指定的单元大小来创建边上的数量类型的边密度，以控制沿选定面的边的单元分布。

三边面在与网格退化所在的拐角相邻的两条边上具有数量相等的单元。四边面在一对对边上具有数量相等的单元。四边面在另一对对边上的单元数可能相等，也可能不相等。

（3）2D 相关网格划分

使用【2D 相关】工具可在模型中的不同面上创建相同的自由网格或映射网格。使用 2D 相关网格时，要选择主面（独立面）和目标面（相关面）。当软件在这些面上生成网格时，会保证目标面上的网格与主面上的网格匹配，如图 9-50 所示。

2D 相关网格可用于各种建模情况。例如，可以在选定面之间创建相关网格，以对接触问题建模，也可以在弯边网格划分的情况下创建相关网格，此情况需要仔细沿弯边匹配网格。

在【2D 相关网格】对话框中，可以创建两种不同的相关网格类型：【常规】和【对称】。

图 9-50 中的网格是对称网格类型。使用常规类型的相关网格时，主面和目标面必须在拓扑上相同（具有相同的边数和曲线数），但可以均匀缩放，如图 9-51 所示。

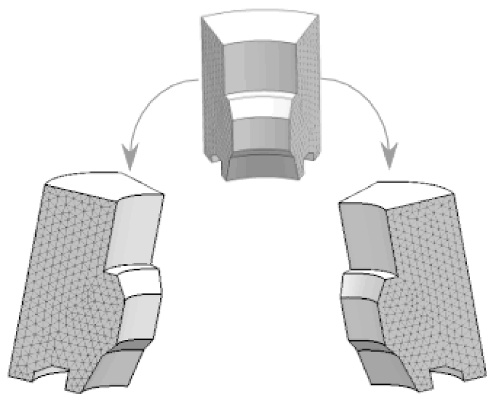


图 9-50　2D 相关网格划分

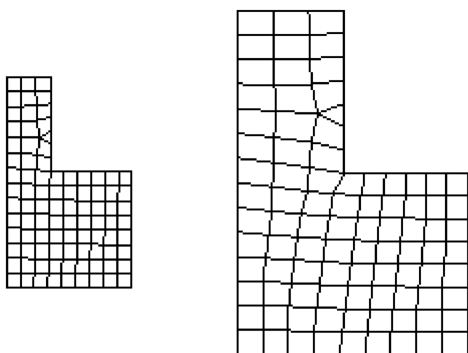


图 9-51　常规类型

（4）2D 局部重新划分网格

对于几何体所关联的 2D 网格，可使用【2D 局部重新划分网格】工具在非常具体的区域内有选择地细化或粗化单元，而不必重新生成整个网格。例如，解算模型后会发现，作用载荷和结构响应要求细化网格的特定区域。此外，还可缩小该区域中单元的大小。

通过【2D 局部重新划分网格】选项可选择要细化或粗化的单元。然后使用【2D 局部重新划分网格】对话框中的选项控制软件修改网格的方式。例如，可指定新的单元大小，也可让软件按指定的比例因子缩小或放大选定单元的大小。

在图 9-52 托架中面上的 2D 网格中，A 显示现有网格。图中除了高亮显示的单元以外，其他单元均已选中，将使用 2D 局部重新划分网格命令进行细化。B 显示经过细化的网格。原网格中的目标单元大小为 40mm，细化后网格中的目标单元大小为 33mm。

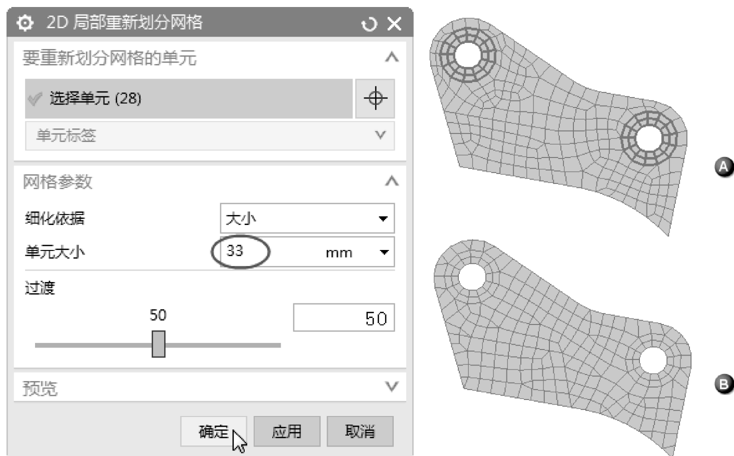



图 9-52　重新划分局部网格

（5）2D 表面涂层

使用【表面涂层】命令可在现有 3D（体）单元顶部创建 2D（壳）单元的表面涂层。

使用表面涂层对话框中的选项，可在选定体单元的自由面上或在整个体网格上创建壳单元的表面涂层。生成的 2D 网格具有如下特征。

- 使用定义它时所在的实体网格的节点和连接。
- 可以是线性网格或抛物线网格，前提是实体网格是抛物线网格。例如，在抛物线四边形单元的网格上，可以创建线性或抛物线四边形单元的表面涂层。不过，如果实体网格是线性网格，则生成的 2D 网格只能为线性网格。
- 与基层 3D 网格和几何体相关联，前提是从表面涂层对话框中的模态列表中选择几何体选项。如果删除或修改 3D 网格或几何体，软件首先会更新 3D 网格，然后更新相关联的 2D 表面涂层网格。

**4. 3D 网格划分**

3D 网格划分工具如图 9-53 所示。

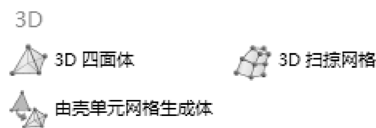



图 9-53　3D 网格划分工具

（1）3D 四面体网格划分

使用【3D 四面体】网格划分工具可在选定体上创建 3D 体单元的网格，生成线性或抛物线四面体单元的网格，也可以在实体上创建 3D 网格，以用于所有受支持的求解器。

图 9-54 为一个光纤支架结构的模型，其中具有一个总单元长度为 4 mm 的四面体网格。注意薄的筋板区域与零件其余部分之间的厚度差别。图①显示了关闭最小两单元贯通厚度选项时的网格。图②显示了打开最小两单元贯通厚度选项时的网格。请注意图②中沿薄筋板方向的网格厚度为两个单元。

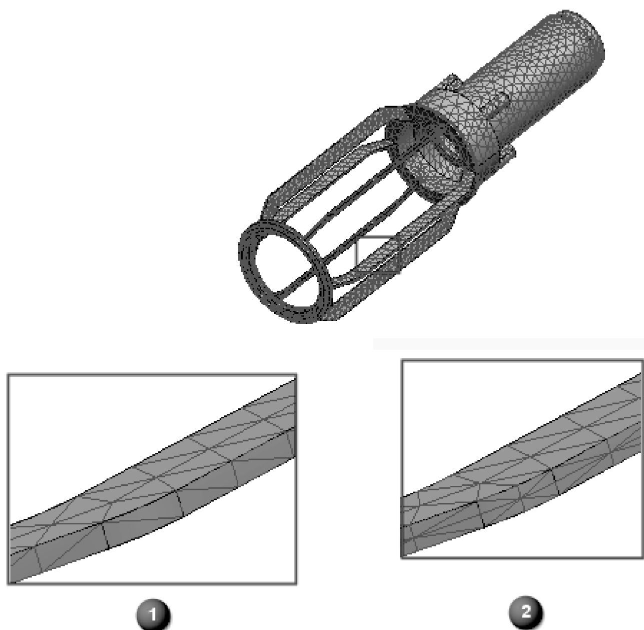



图 9-54　光纤支架结构的模型的四面体网格

（2）3D 扫掠网格划分

使用【3D 扫掠网格】对话框中的【多体自动判断目标】和【直到目标】类型，通过在实体中扫掠自由或映射表面网格，可生成六面体或楔形体单元的映射网格。可以使用这些选

项在任何满足某种准则的2.5维实体（在一个方向上始终具有恒定横截面的实体）上生成各层一致的结构网格。图9-55为3D扫掠网格的示意图。

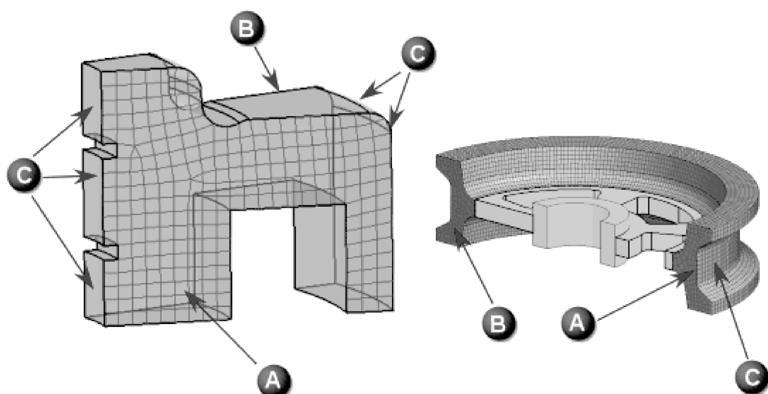


图9-55　3D扫掠网格

其中：源面（A）是在体中扫描其网格的面。目标面（B）是软件将源面中的网格投影到的面。源面和目标面之间的面是壁面（C），每个壁面都由单个【轨】曲线组成。

（3）由壳单元网格生成体

【由壳单元网格生成体】工具可使用三角形壳单元而不是多边形几何体创建3D四面体网格，以定义一个封闭曲面。使用2D网格作为曲面约束意味着可以在没有几何体的情况下产生3D网格。

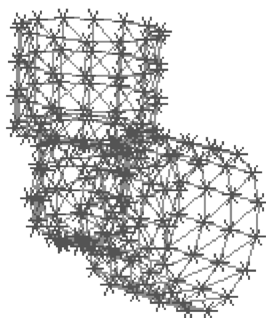
要产生一个实体网格，壳网格必须符合下列要求。

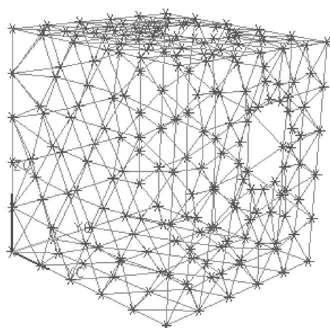
- 所有2D三角形单元必须属于同一阶次（线性或抛物线）。

| 技巧点拨 | 从抛物线壳单元生成实体网格时要小心谨慎。如果抛物线三角形壳单元没有直边，则产生的抛物线四面体网格可能包含不能通过雅可比检验的单元。 |
| --- | --- |

- 壳单元必须完全封闭一个体积，否则软件不能产生体单元。
- 壳网格中没有重复三角形单元。

图9-56为三种3D网格形式。


内部腔的2D 三角形网格


包容块内2D三角形网格

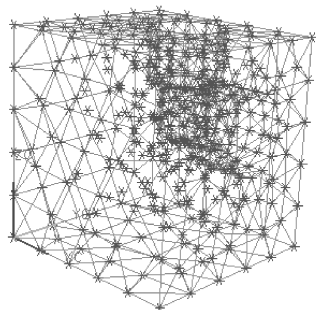

四面体实体网格

图9-56　三种3D网格形式

| 技巧点拨 | 由壳单元创建的体网格与边界壳网格或底层几何体没有联系。【由壳单元生成实体】命令创建的体网格不可编辑。另外，如果【由壳单元生成实体】创建的 3D 网格的任何限定壳网格需要更新，则自动删除 3D 网格。必须在壳网格更新后重新创建实体网格。 |
| --- | --- |





## 9.3.4 模型与网格质量检查

UG 中包含许多可用于验证模型的命令，可实现如下功能。

- 检查模型的 CAE 几何体是否符合 CAD 底层几何体。
- 确保网格的质量和一致性。
- 验证模型已完成并可用于求解。

表 9-3 中汇总了可用的有限元模型检查工具。

表 9-3 有限元模型检查工具

| 命　令 | 图标 | 描　述 | 附加信息 |
| --- | --- | --- | --- |
| 单元质量检查 | | 可根据常规准则和特定于求解器的准则来评估模型中单元的质量 | 评估单元质量 |
| 单元边 | | 可显示任何具有自由边的 2D 和 3D 单元。此外，还可用于显示任意非歧义单元边 | 检查自由单元边和非歧义单元边 |
| 2D 单元法向 | | 可评估模型中的 2D 单元法向的一致性 | 检查并确定 2D 单元的法向 |
| 重复节点 | | 可检查模型中的重复节点并将其中任意节点合并在一起 | 检查重复单元和节点 |
| 重复单元 | | 可检查模型中的重复单元并删除其中任意重复单元 | 检查重复单元和节点 |
| 单元材料方向 | | 可显示模型中的 2D 和 3D 单元的材料方向 | 显示单元的材料方向 |
| 调整 CAD 的节点邻近度 | | 可用于调整在多边形几何体上创建的节点与基础 CAD 几何体的邻近度 | 控制节点与 CAD 几何体的邻近度 |
| CAE 模型一致性 | | 可评估模型中多边形几何体的一致性问题 | CAE 模型一致性检查 |
| 检测干涉/间隙 | | 可检测模型中的干涉区域 | 检测面之间的干涉与间隙问题 |
| 实体属性检查 | | 可计算有限元模型的实体属性 | |
| 检查关联 | | 用于检查模型的节点是否已与底层几何体关联 | 检查节点与几何体的关联 |
| 有限元模型汇总 | | 可打印 FEM 文件中的实体的信息汇总 | |
| 仿真信息汇总 | | 可打印仿真文件中的实体的信息汇总 | |
| 模型设置 | | 可评估模型是否已做好解算准备 | 在求解之前检查模型的完整性 |

# 9.4 有限元分析训练——曲柄零件的线性静态分析

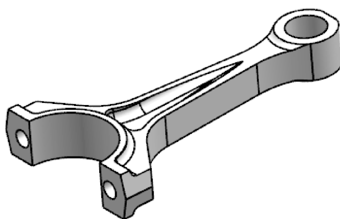
练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ piston_rod_sim1. sim
演示视频路径：视频 \ Ch09 \ 曲柄零件的线性静态分析 . avi

线性静力学是解决线性和一些非线性问题（例如间隙和接触单元）的一种结构解决方法。线性静力学分析用于确定由静态（稳态）载荷引起的结构或构件中的位移、应力、应变和力。这些负载包括如下几类。

- 外部施加的力量和压力。
- 稳态惯性力（重力和离心）。
- 强制（非零）位移。
- 温度（热应变）。

本例讨论设置和执行线性静态分析的方法。完成本例后，读者可了解线性静态分析的基础知识，并能够为线性静态解决方案准备模型。

要执行线性静态分析的模型如图 9-57 所示，这是工程机械中常见轴承的曲柄连杆结构件杆身部分，其用途是将燃气作用在活塞顶上的压力转换为曲轴旋转运动而对外输出动力。工作条件：温度最高 2500℃以上，材料为球磨铸铁 QT400，在 UG 高级仿真中将采用材料库中相对应的材料。


图 9-57　曲柄连杆杆身

**设计步骤：**

**1. 模型准备**

**01** 打开线性静态分析模型文件【piston_rod. prt】。

**02** 在【应用模块】选项卡中单击高级按钮，进入高级仿真基本环境。

**03** 模型中没有不利于计算精度的细节特征，所以无须简化模型处理。直接单击【新建 FEM 和仿真】按钮，弹出【新建 FEM 和仿真】对话框。在此对话框中设置求解器为 NX NASTRAN，分析类型为【结构】，单击【确定】按钮，建立 FEM 文件和仿真模型文件，如图 9-58 所示。

**04** 在随后弹出的【结算方案】对话框中，保留各项参数的默认设置，单击【确定】按钮，完成结算方案的选择，如图 9-59 所示，进入到网格划分环境。

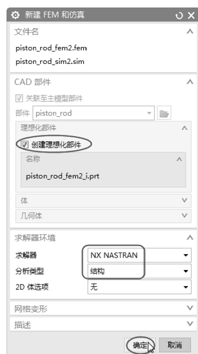


图 9-58　新建 FEM 和仿真文件



图 9-59　选择结算方案

## 2. 设置材料

表 9-4 列出了 UG 材料库中的金属名称与我国常用金属牌号。

表 9-4　UG 材料库金属对应国内常用金属牌号

| UG 材料库金属牌号 | 金 属 名 称 | 对应的国内金属牌号 |
|---|---|---|
| AISI_STEEL_1008 – HR | 淬硬优质参素结构钢 | 08 |
| AISI_STEEL_4340 | 优质合金结构钢 | 40CrNiMoA |
| AISI_310_ss | 耐热钢（不锈钢） | 2Cr25Ni20；0Cr25Ni20 |
| AISI_410_ss | 耐热钢（不锈钢） | 1Cr13；1Cr13Mo |
| Aluminum_2014 | 铝合金 | 2A14（新）LD10（旧） |
| Aluminum_6061 | 铝合金 | 6061 |
| Brass | 黄铜 | |
| Bronze | 青铜 | |
| Iron_ Malleable | 可锻铸铁 | KTH350 – 10 |
| Iron_ Nodular | 球墨铸铁 | QT400 – 18、QT400 – 15 |
| Iron_40 | 40 号碳钢（结构钢） | 40 |
| Iron_60 | 60 号碳钢（结构钢） | 60 |
| Steel – Rolled | 轧钢 | Q235A、Q235B、Q235C、Q235D |
| Steel | 钢 | |
| S/Steel_PH15 – 5 | 钼合金钢 | |
| Titanium_ Alloy | 钛合金 | TC1 |
| Tungsten | 钨 | YT15 |
| Aluminum_5086 | Al – Mg 系铝合金 | |
| Copper_C10100 | 铜 | |
| Iron_Cast_G25；ron_Cast_G60 | 铸铁 | HT250；QT600 – 3 |
| Magnesium_ Cast | 镁合金铸铁 | |
| AISI_SS_304 – Annealed | 304 不锈钢 | 0Cr19Ni9N |
| Titanium – Annealed | 退火钛合金 | TA2 |
| AISI_ Steel_ Maraging | 马氏体实效钢 | 16MnCr5 |
| AISI_Steel_1005 | | 05F |
| Inconel_718 – Aged | 沉淀硬化不锈钢 | 0Cr15Ni7Mo2Al |
| Titanium_Ti – 6Al – 4V | 钛合金 | TC4 |
| Copper_C10100 | 铜 | |
| ron_Cast_G40 | 铸钢 | |

**01** 在【属性】面板【更多】库中单击【指派材料】按钮 指派材料，打开【指派材料】对话框。

**02** 选择曲柄连杆模型为材料指派对象，然后在【材料】列表框中选择【Iron_ Nodular】（球墨铸铁）材料，如图 9-60 所示。在材料列表底部单击【显示选定材料的材料属性】按钮 i，可以查看该材料的材料信息，如图 9-61 所示。

**03** 单击【指派材料】对话框中【确定】按钮完成材料的指派。

**04** 单击【物理属性】按钮 物理属性，弹出【物理属性表管理器】对话框。单击【创

建】按钮，弹出【PSOLID】对话框。在【材料】列表中选择前面指派的球墨铸铁【Iron_ Nodular】，单击【确定】按钮，完成材料属性的继承，如图 9-62 所示。

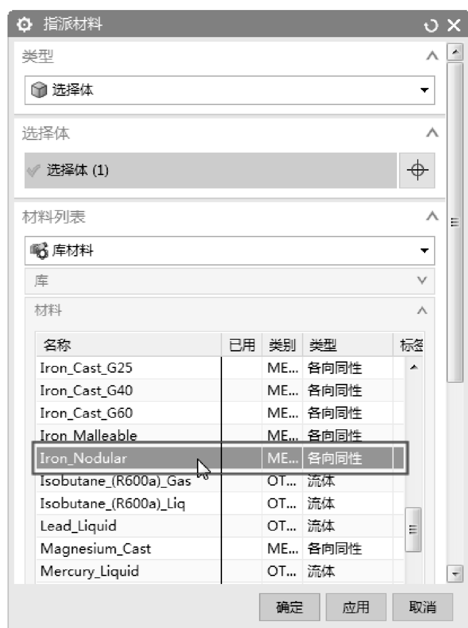



图 9-60　选择材料

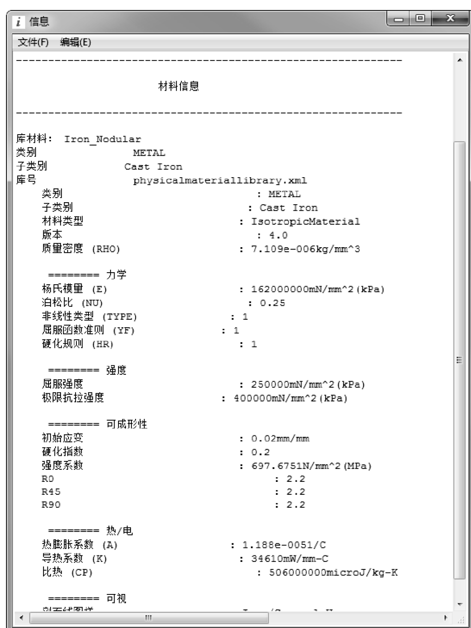



图 9-61　显示材料信息







图 9-62　继承材料属性

### 3. 网格划分

**01**　由于模型本身是厚度零件，所以需要划分为 3D 网格才能保证分析结果更精准。

**02**　在【属性】面板中单击【网格收集器】按钮 网格收集器，弹出【网格收集器】对话框。设置物理属性后单击【确定】按钮，完成网格收集器的创建，如图 9-63 所示。

**03**　在网格划分环境中单击【网格】面板中【3D 四面体】按钮 3D 四面体，弹出【3D 四面体网格】对话框。

**04**　选择曲柄连杆作为划分对象后，在对话框中设置各项参数，如图 9-64 所示。

**05**　单击【确定】按钮，完成分析模型的网格划分，结果如图 9-65 所示。




图 9-63 创建网格收集器

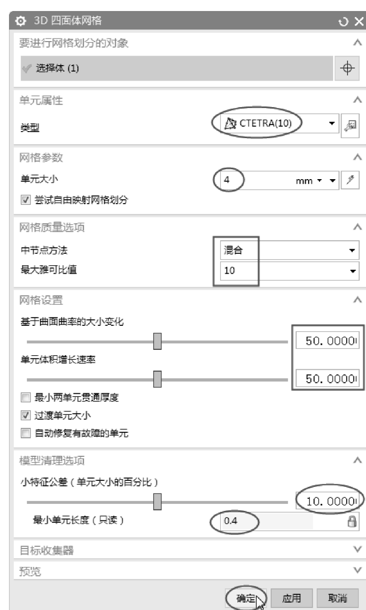
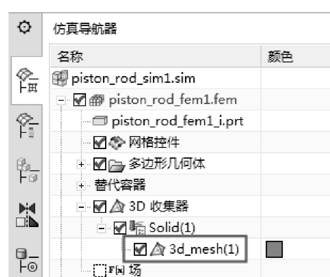



图 9-64 设置网格划分参数



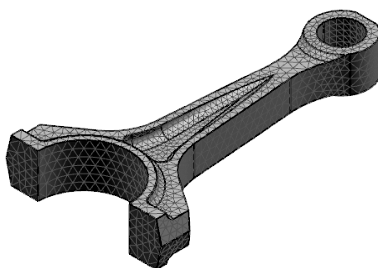


图 9-65 划分的网格

**06** 单击【检查和信息】面板中【单元质量】按钮，然后选择网格进行质量检查，检查结果中有部分警告颜色的单元，没有发现红色错误单元，如图 9-66 所示。



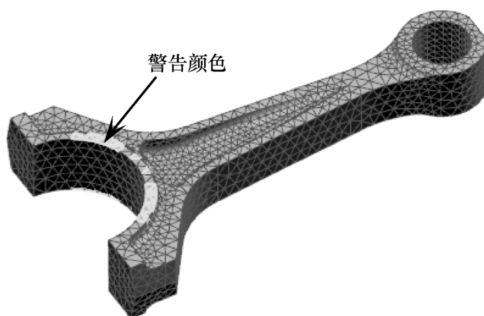



图 9-66 网格质量检查

4. 创建边界条件

载荷、约束和仿真对象都被认为是边界条件。仿真导航器提供了一些工具，可创建、编辑和显示边界条件。表 9-5、表 9-6 和表 9-7 列出了高级仿真边界条件（载荷、约束、仿真对象）、关联的分析类型以及它们对应的 NX Nastran 和 MSC Nastran 模型数据输入项。

表 9-5 载荷

| 图标 | 载　荷 | 支持的 Nastran 分析类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 加速度 | 结构（除 SOL 107、110、601、701 外的所有项） | ACCEL<br>ACCEL1 |
| | 轴向 1D 单元变形 | SOL 101<br>SOL 105 线性屈曲<br>SOL 200 设计优化 | DEFORM |
| | 承压 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容） | FORCE |
| | 螺栓预紧力 | SOL 101<br>SOL 103 －响应仿真<br>SOL 601，106 高级非线性静态<br>SOL 601，129 高级非线性瞬态 | BOLTFOR |
| | 离心压力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容） | PLOAD4 |
| | 边载荷 | 仅限于 NX Nastran<br>SOL 101、103、105、107、108、109、110、111、112 和 200（线性结构解法）<br>SOL 601，106 和 601，129（高级非线性结构解法）<br>SOL 153 和 159（热传递解算方案） | PLOADE1 |
| | 力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容）<br>轴对称结构 | FORCE |
| | 重力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容）<br>轴对称结构 | GRAV |
| | 热通量 | 热<br>轴对称热 | QBDY3、QBDY2、QHBDY |
| | 发热 | 热 | QVOL |
| | 流体静压力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容） | PLOAD4 |
| | 力矩 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容） | MOMENT |
| | 节点力位置 | SOL 103 －响应仿真 | USET1，U3 |

（续）

| 图标 | 载　　荷 | 支持的 Nastran 分析类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
| | 节点压力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容）<br>轴对称结构 | PLOAD4 |
| | 非结构质量 | 结构<br>热 | NSM<br>NSM1 |
| | 压力 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容）<br>轴对称结构 | PLOAD4（仅结构）、PLOAD2（仅结构）、PLOAD1（仅结构）和 PLOADX1（仅轴对称结构） |
| | 辐射 | 热<br>轴对称热 | RADBC |
| | 旋转 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 701 显式高级非线性分析之外的所有内容）<br>轴对称结构 | RFORCE |
| | 温度载荷 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容）<br>轴对称结构 | TEMP |
| | 扭矩 | 结构（除 SOL 103 实特征值和 SOL 110 模态复特征值之外的所有内容） | FORCE |

表 9-6　约束

| 图标 | 约　　束 | Nastran 分析类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
| | 反对称约束 | 结构 | SPC |
| | 自动耦合 | 结构 | MPC |
| | 对流 | 热<br>轴对称热 | CONV |
| | 圆柱形约束 | 结构 | SPC |
| | 强制加速 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | SPCD |
| | 强迫位移约束 | 结构<br>轴对称结构 | SPCD |
| | 强迫运动位置 | SOL 103 －响应仿真 | USET1，U2 |
| | 固定约束 | 结构<br>轴对称结构 | SPC |

（续）

| 图标 | 约　束 | Nastran 分析类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
|  | 固定旋转约束 | 结构 | SPC |
|  | 固定平移约束 | 结构 | SPC |
|  | 手工耦合 | 结构<br>轴对称结构 | MPC |
|  | 销钉约束 | 结构 | SPC |
|  | 滚子约束 | 结构 | SPC |
|  | 简支约束 | 结构 | SPC |
|  | 滑块约束 | 结构 | SPC |
|  | 对称约束 | 结构 | SPC |
|  | 热约束 | 热<br>轴对称热 | SPC |
|  | 瞬态初始条件 | 结构，仅限 SOL 129 非线性瞬态响应和 SOL 601，129 高级非线性瞬态解类型。 | TIC |
|  | 用户定义约束 | 结构<br>轴对称结构 | SPC（仅结构）<br>SPC1 |
|  | 速度 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | SPCD |

表 9-7　求解器特定的仿真对象

| 图标 | 仿 真 对 象 | Nastran 解算方案类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
|  | 高级非线性接触 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 601，106 高级非线性静态<br>SOL 601，129 高级非线性瞬态<br>SOL 701 显式高级非线性分析 | BSURF<br>BSURFS |
|  | 边到边接触 | 结构或轴对称结构 | PLOADE1 |
|  | 边到边粘连 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 101 线性静态（全局约束和子工况约束）<br>SOL 103 实特征值<br>SOL 105 线性屈曲<br>SOL 106 非线性静态<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | BGSET<br>BEDGE |

（续）

| 图标 | 仿 真 对 象 | Nastran 解算方案类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
| | 边到面粘连 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 101 线性静态（全局约束和子工况约束）<br>SOL 103 实特征值<br>SOL 105 线性屈曲<br>SOL 106 非线性静态<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | BGSET |
| | 单元产生/消亡 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 601，106 高级非线性静态<br>SOL 601，129 高级非线性瞬态<br>SOL 701 显式高级非线性分析 | EBDSET |
| | 初始温度 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 106 非线性静态<br>SOL 601，106 高级非线性静态<br>SOL 601，129 高级非线性瞬态<br>SOL 701 显式高级非线性分析<br>SOL 153 稳态非线性热传递 | TEMP |
| | 材料温度 | 结构，除 SOL 601，106 高级非线性静态、SOL 601，129 高级非线性瞬态和 SOL 701 显式高级非线性分析之外 | 温度（材料）<br>工况控制命令 |
| | 非结构质量 | 结构 | NSML<br>NSML1 |
| | 转子动力学定义 | 仅对 NX Nastran 而言，仅对以下解算方案类型进行结构分析：<br>SOL 107 直接复特征值<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 110 模态复特征值<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | ROTORB<br>ROTORD<br>ROTORG |
| | 面对面接触 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 101 线性静态（全局约束和子工况约束）<br>SOL 105 线性屈曲<br>SOL 601，106 高级非线性静态 | BCRPARA<br>BCTPARM<br>BCTSET<br>BSURF<br>BSURFS<br>BCTPARA<br>（仅限 SOL 601，106） |

（续）

| 图标 | 仿 真 对 象 | Nastran 解算方案类型 | 对应的 Nastran 模型数据输入项 |
|---|---|---|---|
| | 面对面粘连 | 结构，仅限下列解算方案类型：<br>SOL 101 线性静态（全局约束和子工况约束）<br>SOL 103 实特征值<br>SOL 105 线性屈曲<br>SOL 106 非线性静态<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 109 直接瞬态响应<br>SOL 111 模态频率响应<br>SOL 112 模态瞬态响应 | BGSET |
| | 吸音单元 | 仅对 NX Nastran 而言，仅对以下解算方案类型进行声学或声振分析：<br>SOL 103 实特征值<br>SOL 107 直接复特征值<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 110 模态复特征值<br>SOL 111 模态频率响应 | CAABSF<br>PAABSF |
| | 面板（Panel） | 仅对 NX Nastran 而言，仅对以下解算方案类型进行声振分析：<br>SOL 103 实特征值<br>SOL 107 直接复特征值<br>SOL 108 直接频率响应<br>SOL 110 模态复特征值<br>SOL 111 模态频率响应 | PANEL |

（1）添加约束

**01** 首先添加销钉约束类型（因为曲柄连杆与轴承是销钉约束装配关系，连杆绕轴承旋转）。在【载荷和条件】面板的【约束类型】下拉菜单中单击 销钉约束 命令，弹出【销钉约束】对话框。

**02** 选择连杆的圆柱面作为约束参考，单击【确定】按钮，完成销钉约束的添加，如图 9-67 所示。

**03** 接着添加用户定义约束。在【载荷和条件】面板的【约束类型】下拉菜单中单击 用户定义约束 命令，弹出【用户定义约束】对话框。

**04** 选择连杆的两个端面作为约束对象，然后设置 DOF2 的自由度为【固定】，单击【确定】按钮，完成固定约束的添加，如图 9-68 所示。

| 技巧点拨 | 在确定要固定哪一个自由度时，可以结合屏幕左下角的绝对坐标系的轴向。节点坐标系的 Z 轴就是绝对坐标系的 Z 轴，R 轴则是绝对坐标系的 X 轴，T 轴则是绝对坐标系的 Y 轴。也就是说，两个端面需要固定，因为它们和另一半的连杆盖是用连杆螺栓固定的。结构示意图如图 9-69 所示。 |
|---|---|

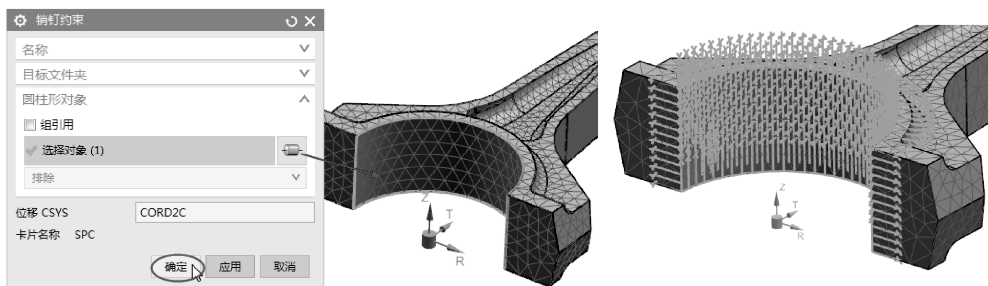



图 9-67　添加销钉约束




图 9-68　添加固定约束

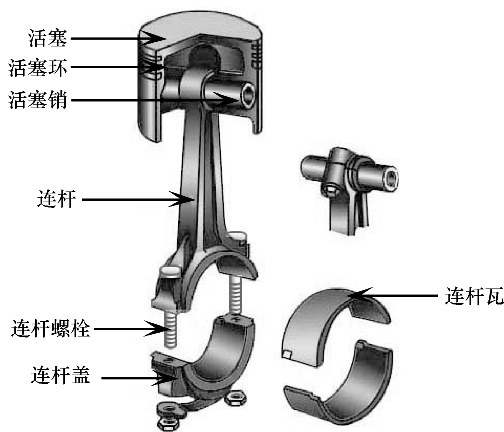



图 9-69　曲柄连杆结构示意图

（2）添加载荷

接下来我们要在曲柄连杆活塞销的一端添加两个方向的载荷，也就是在绝对坐标系的 X 方向和 Y 方向进行应力分析，以此得到在两个方向上产生的拉伸和扭曲变形。

**01**　在【载荷和条件】面板的【载荷类型】列表中选择 温度 类型，弹出【温度】对话框。

**02**　框选曲柄连杆的所有网格作为模型对象，输入温度幅值 2500℃，单击【确定】按钮，完成温度载荷的添加，如图 9-70 所示。

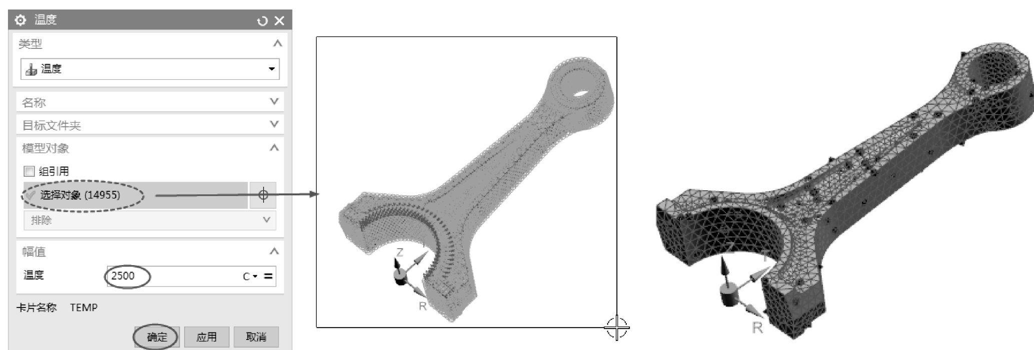
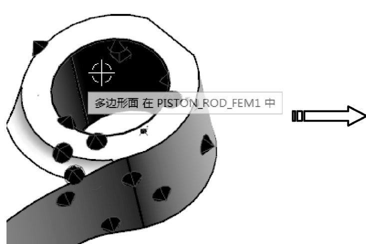



图 9-70　添加温度载荷

**03** 在【载荷和条件】面板的【载荷类型】列表中选择 轴承 类型，弹出【轴承】对话框。

**04** 选择连杆与活塞销接触面（多边形几何体的面）作为载荷对象，如图 9-71 所示。然后选择矢量参考中的 X 轴作为应力作用方向，如图 9-72 所示。



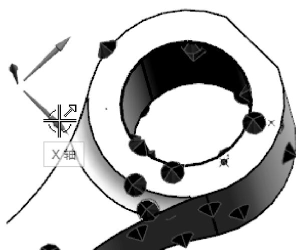




图 9-71　选择接触面　　图 9-72　选择应力作用方向

**05** 单击【确定】按钮，完成轴承载荷的添加，如图 9-73 所示。

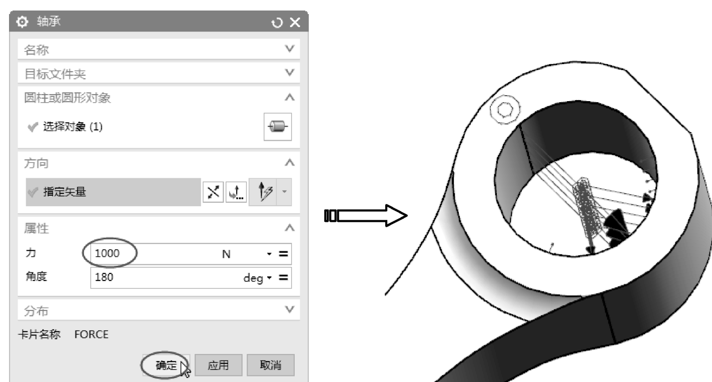



图 9-73　添加 X 轴的轴承载荷

**06** 同理，再添加在 Y 轴方向上的轴承载荷，选择相同接触面，且最大应力设置为 2000N，如图 9-74 所示。

### 5. 解算分析与结果查看

边界条件设置完成后，即可以进行解算了。之后会根据得到的结果查看拉伸和扭曲的变形效果，最后输出结果。




图 9-74　添加 Y 轴方向的轴承载荷

（1）解算分析

**01**　在【解算方案】面板中单击【求解】按钮，弹出【求解】对话框。

**02**　单击【编辑解算方案属性】按钮，弹出【解算方案】对话框。在此对话框中勾选【单元迭代求解器】复选框，其他选项保留默认设置，单击【确定】按钮，完成解算方案的编辑，如图 9-75 所示。

| 技巧点拨 | 选择迭代求解器的作用是提高速度，减少内存使用，并且比标准的稀疏矩阵求解器降低磁盘要求，可用于不包括联系人的线性静态分析、以实体元素为主的模型显示最佳性能，对于主要由抛物线四面体单元组成的模型是非常有效的。 |
|---|---|

**03**　在【求解】对话框中单击【确定】按钮，开始解算，得到如图 9-76 所示的结果信息。信息中描述得很清楚，整个解算过程没有出现任何错误。




图 9-75　设置解算方案

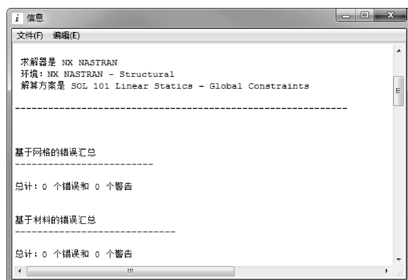



图 9-76　解算结果的信息

**04**　在仿真导航器【Solution 1】工况下的【结果】子工况中双击分析结果 Structural，切换到后处理导航器中。展开【结构】视图列表，查看分析的结果，如图 9-77 所示。

（2）查看结果

**01**　在【结果】视图列表中双击一个结果（如应力 – 单元），屏幕中显示结果云图，如图 9-78 所示。



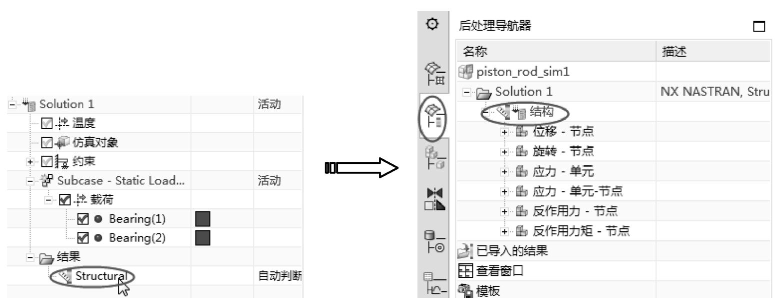



图 9-77　查看分析结果

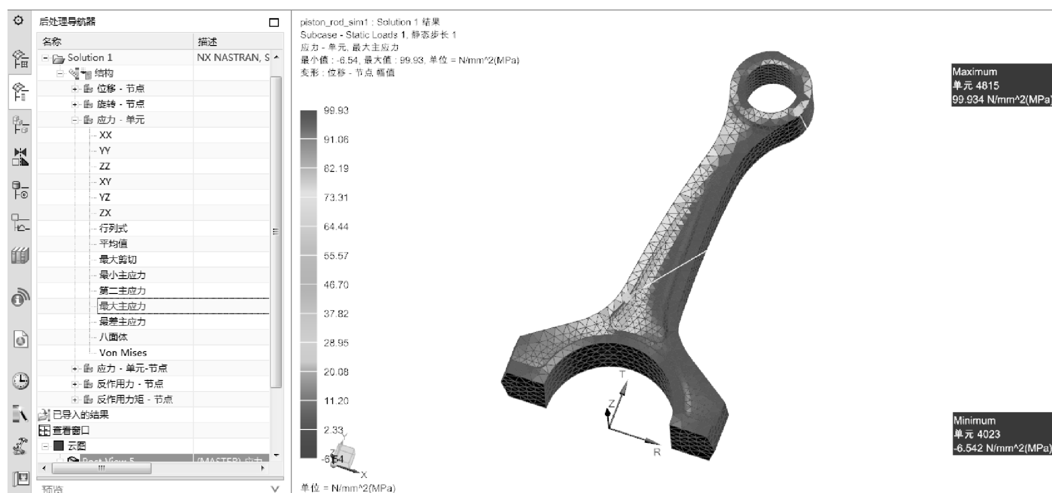



图 9-78　查看应力 – 单元分析结果云图

**02**　上图是一个静态图，只能看到变形的结果和数据。如果想动态显示整个变形过程，则在【结果】选项卡的【动画】面板中单击【动画】按钮，打开【动画】对话框。

**03**　勾选【完整循环】复选框，单击【播放】按钮▶，可以动态显示在 X 轴与 Y 轴方向的拉伸和扭曲变形效果，如图 9-79 所示。这个变形也是在预设的极限值下完成的。

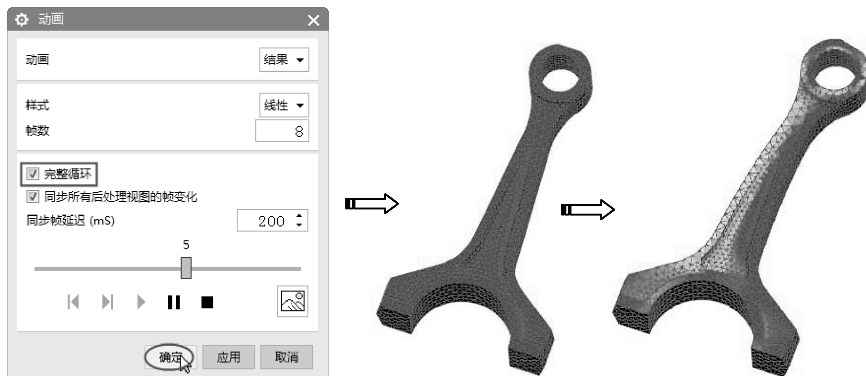


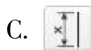

图 9-79　动态显示曲柄连杆的变形

**04**　最后把本例有限元分析的结果保存。至此，完成曲柄连杆零件的线性静态分析。

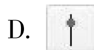
## 9.5 UG工程师认证试题（九）

### 一、选择题

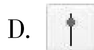
（1）下列哪个图标不属于草图中的【尺寸约束】。 （B）

A.  B.  C.  D. 

（2）下列哪个图标不属于草图中的几何约束。 （C）

A.  B.  C.  D. 

（3）下列哪个图标是草图尺寸约束中的【相切】约束。 （B）

A.  B.  C.  D. 

（4）下列哪个图标是草图中的几何约束中的【共线】。 （A）

A.  B.  C.  D. 

（5）下面哪个图标是草图中【添加现有曲线】命令。 （A）

A.  B.  C.  D. 

（6）单击下列哪个图标可以进行垂直的尺寸标注。 （A）

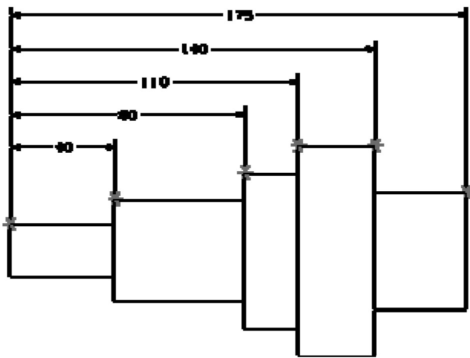
A.  B.  C.  D. 

（7）下列哪个选项不是在草图中绘制矩形的方法。 （C）

A. 2个点 B. 3个点 C. 4个点 D. 中心和两个点

（8）下图中所用的是哪个尺寸标注类型。 （B）

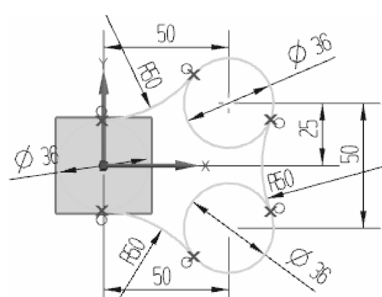
A. 水平链 B. 竖直链 C. 水平基准线 D. 竖直基准线

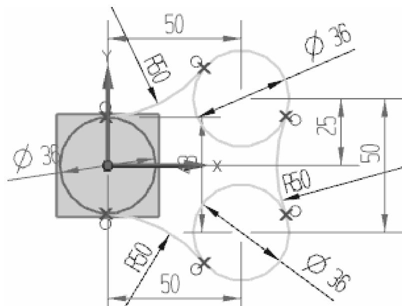


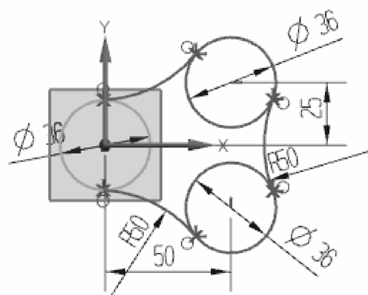

（9）请按顺序说明如下草图的曲线颜色各代表什么意思？ （ D ）

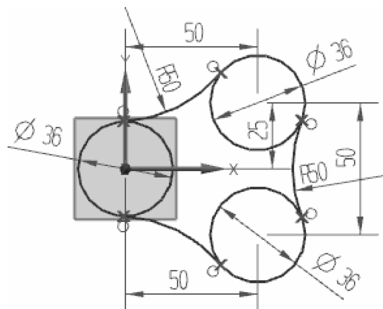
A. 完全约束 冲突约束 过约束 局部约束
B. 过约束 完全约束 缺少约束 冲突约束
C. 局部约束 缺少约束 过约束 缺少约束
D. 完全约束 过约束 局部约束 缺少约束






(10）在草图中，选择两条圆弧可能产生哪些几何约束？ （ E ）

A. 同心　　B. 等弧长　　C. 等半径

D. 重合　　E. 都有可能

(11）在草图中创建图线时，可以采用什么设置控制约束？ （ B ）

A. 自动约束创建　　B. 推断约束设置

C. 创建约束　　D. 替代约束

**二、多选题**

(1）草图中提出了【约束】概念，可以通过________控制草图中的图形。 （AB）

A. 几何约束　　B. 尺寸约束

C. 自动约束　　D. 显示约束

(2）草图尺寸的显示方式有________。 （ABC）

A. 表达式　　B. 名称

C. 值　　D. 特征参数值

(3）草图中几何约束的显示或隐藏方法一般有________。 （ABD）

A. 草图、约束、显示所有约束，显示所有约束

B. 工具、约束、不显示约束，隐藏所有约束

C. 开启【显示所有约束】和【不显示所有约束】，只显示重要约束

D. 工具、约束、显示/移除约束，临时显示指定的几何约束

(4）在创建草图时，可以通过________定义草图平面和草图方位。 （AB）

A. 在平面上　　B. 在轨迹上

C. 在片体上　　D. 沿直线

**三、绘图练习**

(1）绘制如图 9-80 所示草图，要求全部约束。

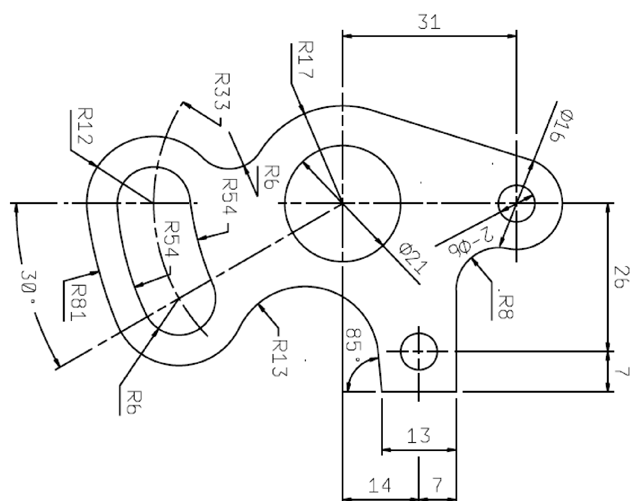



图 9-80　草图

（2）根据三视图建立如图 9-81 所示的模型。

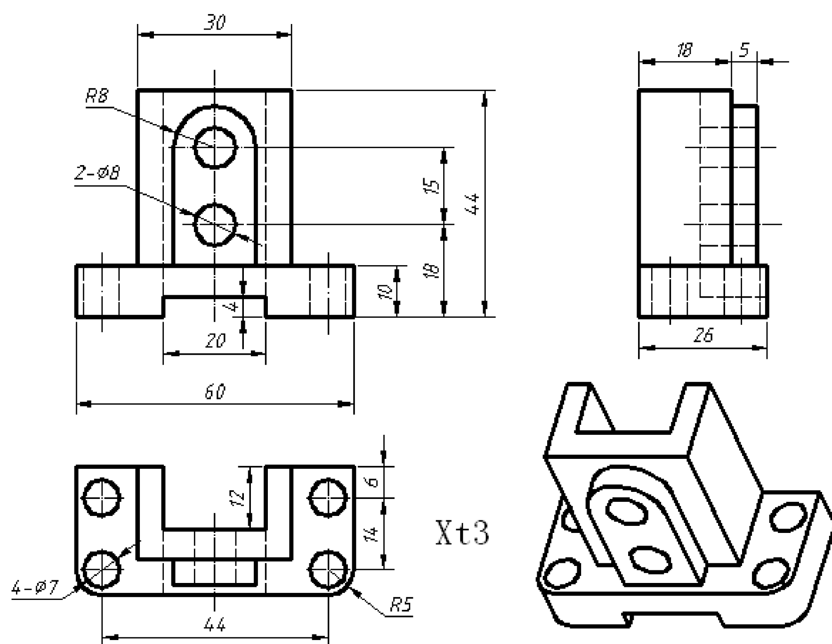



图 9-81　三视图模型

# 第 10 章

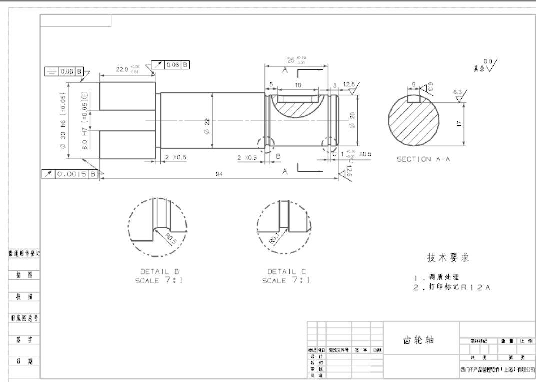
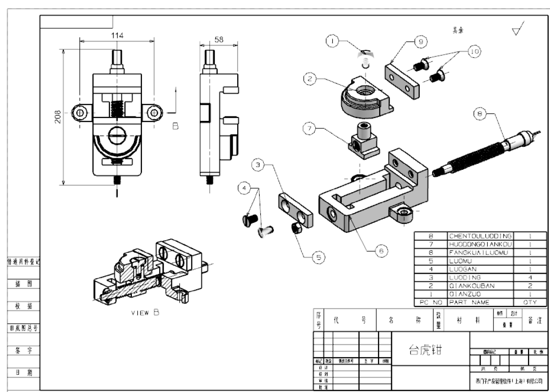
# 机械工程图设计

## 本章导读

UG 工程图是基于建模中生成的三维模型创建而成的，在制图模式中建立的二维图与三维模型完全相关，对三维模型做的任何修改，二维图会自动更改。本章将主要介绍非主模型模板的制作与图框制作、图纸布局、图纸编辑、标注及编辑修改、文字注释与公差添加、自定义符号、明细表制作等相关的制图功能。

## 案例展现

ANLIZHANXIAN

| 案 例 图 | 描 述 |
|---|---|
|  | 齿轮轴、电动机转轴等属于轴套类零件。为了加工时看图方便，主视图应将轴套类零件的轴线水平放置。对于轴类零件的一些局部结构，常采用剖视、断面、局部放大和局部剖视来表达 |
|  | 装配图是表达机器或产品整体结构的一种图样。在设计阶段，一般先画出装配图，然后根据它所提供的总体结构和尺寸，设计绘制零件图；在生产阶段，装配图是编制装配工艺，进行装配、检验、安装、调试以及维修等工作的依据 |

# 10.1 制图工作环境

在【应用模块】选项卡中单击【制图】按钮，即可进入 UG NX 12 制图工作环境界面，如图 10-1 所示。

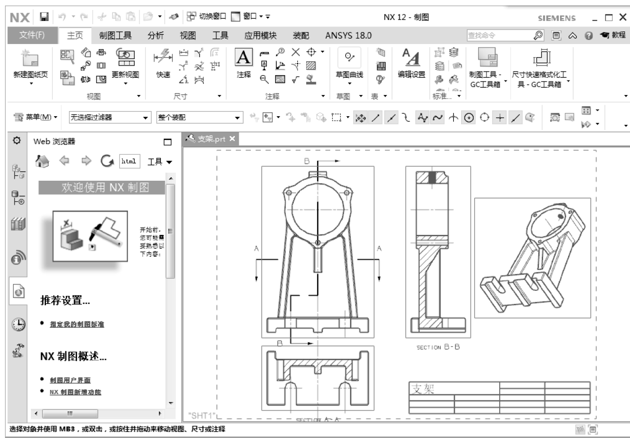


图 10-1　UG 制图工作环境

# 10.2 创建图纸与工程图视图

在 UG 环境中，任何一个三维模型，都可以通过不同的投影方法、不同的图样尺寸和不同的比例建立多样的二维工程图。



## 10.2.1　建立图纸

图纸的建立可由两个途径来完成：一是在 UG 欢迎界面窗口中单击【新建】按钮，在弹出的【新建】对话框中单击【图纸】标签按钮，然后在模板列表中选择任意一个模板，在下方的【新文件名】选项区中输入新名称，单击【确定】按钮，创建新的图纸页，如图 10-2 所示。

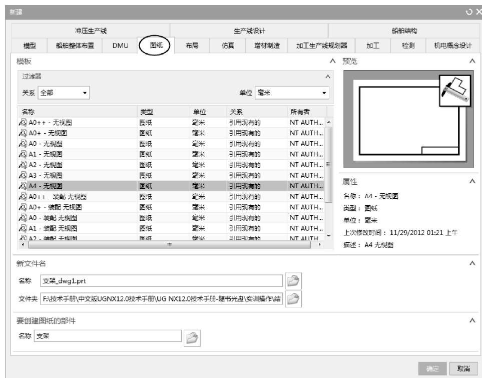


图 10-2　选择标准模板建立图纸

另一种途径是在 UG 建模环境的【应用模块】选项卡中单击【制图】按钮，随后进入制图环境。进入制图环境的同时，弹出【工作表】对话框。

此对话框中包含了 3 种图纸的定义方式：【使用模板】【标准尺寸】和【定制尺寸】。

### 1. 使用模板

【使用模板】方式是使用 UG 程序提供的具有国际标准图纸模板。此类模板的图纸单位是英寸。在【工作表】对话框中选中【使用模板】单选按钮后，对话框中弹出如图 10-3 所示的选项设置。用户在图纸模板的列表框选择一个标准模板后，单击对话框中【确定】按钮，即可创建标准图纸。

### 2. 标准尺寸

【标准尺寸】方式可以让用户选择具有国家标准的 A0 ~ A4 的图纸模板，并且可以选择图纸的比例、单位和视图投影方式。

对话框下方的【投影】选项区，主要用于为工程视图设置投影方法。其中【第一角投影】是根据我国《技术制图》国家标准规定，而采用的第一角投影画法。【第三角投影】则是国际标准，程序默认的是【第三角投影】。【标准尺寸】方式的选项设置如图 10-4 所示。

### 3. 定制尺寸

【定制尺寸】方式是用户自定义的一种图纸创建方式。用户可自行输入图纸的长、宽、名称以及选择图纸的比例、单位、投影方法等。【定制尺寸】方式选项设置如图 10-5 所示。

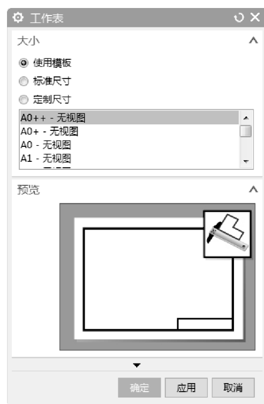



图 10-3 【使用模板】

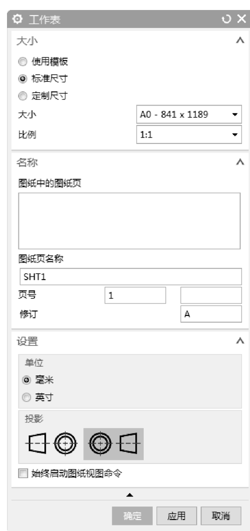



图 10-4 【标准尺寸】




图 10-5 【定制尺寸】

##  10.2.2 基本视图

图纸建立之后，接着在图纸中添加各种基本视图。基本视图包括模型的俯视图、仰视图、前视图、后视图、左视图、右视图、正等轴侧图及轴侧图。当选择其中的一个视图作为主视图在图纸中创建后，可通过投影再生成其他视图。

创建图纸后，程序自动弹出【基本视图】对话框。或者在【主页】选项卡中单击【基本视图】按钮，弹出【基本视图】对话框，如图 10-6 所示。

1. 【部件】选项区

该选项区的作用主要是选择部件来创建工程图。如果先加载了部件，再创建工程图，则该部件被收集在【已加载的部件】列表框中。如果没有加载部件，则通过单击【打开】按钮来打开要创建工程图的部件，如图 10-7 所示。




图 10-6 【基本视图】对话框




图 10-7 【部件】选项区

2. 【视图原点】选项区

该选项区用于确定视图放置点，以及放置主视图的方法，如图 10-8 所示。该选项区的选项含义如下。

- 指定位置：在图纸框内为主视图指定原点位置。
- 方法：指定位置的方法。当图纸中没有视图作参照时，只有【快速】方法，当图纸中已经创建了视图，则由此增加了 4 种方法：【水平】、【竖直】、【垂直于直线】、【叠加】。
- 水平：选择参照视图后，主视图只能在其水平位置上创建。
- 竖直：选择参照视图后，主视图只能在其竖直位置上创建。
- 垂直于直线：在参照视图中选择直线或选择矢量，主视图将在直线或矢量的垂直方向上创建。
- 叠加：选择参照视图，主视图的中心将与参照视图的中心重合叠加。
- 光标跟踪：主视图以光标的放置来确定创建位置。勾选此复选框，主视图将在 X 方向或 Y 方向上确定位置。

3. 模型视图

该选项区的作用是选择基本视图来创建主视图，在【要使用的模型视图】下拉列表中包括了 6 种基本视图和两种轴侧视图，它们是俯视图、前视图、右视图、后视图、仰视图、左视图、正等轴侧视图、正二等视图（也叫斜二轴侧图），如图 10-9 所示。




图 10-8 【视图原点】选项区

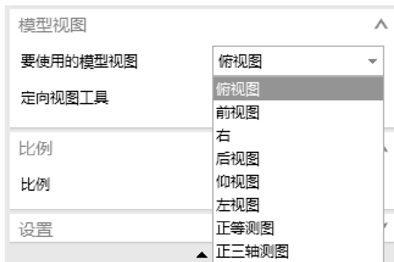



图 10-9 【模型视图】选项区

除此之外，还可单击【定向视图工具】按钮，在弹出的【定向视图工具】对话框及【定向视图】模型预览对话框中，用户可自行定义视图的方位，如图 10-10 所示。

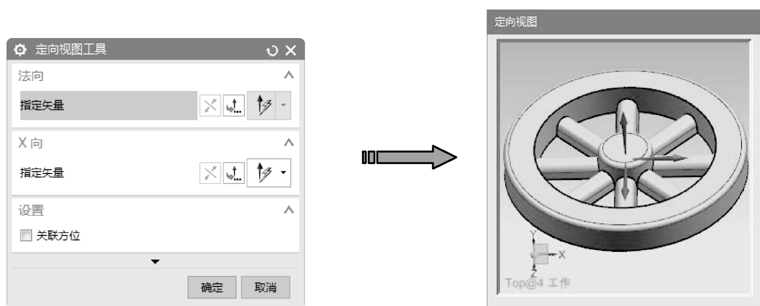



图 10-10 自定义视图方位

4. 缩放

【比例】选项区用于调整视图的缩放比例。在【比例】下拉列表中包括多种给定的比例尺，如【1：2】，表示视图缩小至原来的两倍，如【5：1】，表示视图放大为原来的 5 倍，如图 10-11 所示。

除给定的固定比例值，UG 程序还提供了【比率】和【表达式】两种自定义形式的比例。在【比例】下拉列表中选择【比率】选项，用户可在随后弹出的比例参数文本框内输入合适的比例值，如图 10-12 所示。

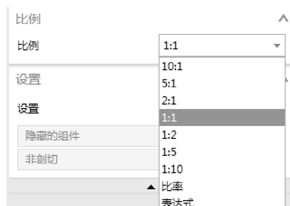



图 10-11 视图比例尺




图 10-12 自定义比例尺

5. 设置

该选项区主要用于设置视图的样式。在选项区中单击【视图样式】按钮，然后在弹出的【设置】对话框中选择视图样式的设置标签进行选项设置，如图 10-13 所示。

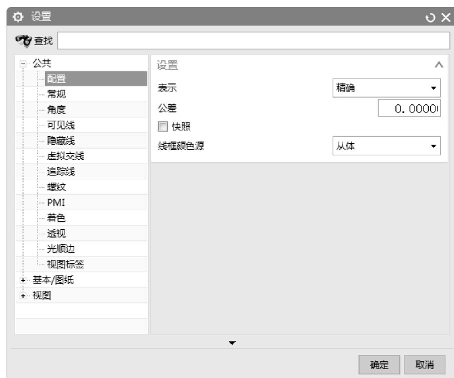



图 10-13 【设置】对话框



## 10.2.3　投影视图

在机械工程中，投影视图也称为向视图，是根据主视图创建的投影正交或辅助视图。在【主页】选项卡中单击【投影视图】按钮，弹出【投影视图】对话框，如图 10-14 所示。




图 10-14　【投影视图】对话框

对话框中各选项区的功能含义介绍如下。

### 1. 父视图

该选项区用于选择创建投影视图的父视图（主视图）。

### 2. 铰链线

该选项区的功能主要是确定视图的投影方向及投影视图与主视图的关联关系等。选项区中各选项含义如下。

- 矢量选项：包括【快速】和【已定义】两个选项。【快速】是指用户自定义视图的任意投影方向。【已定义】是指通过矢量构造器来确定投影方向。
- 反转投影方向：是指投影视图与投影方向相反。
- 关联：勾选此复选框，投影视图与主视图保持关联关系。

### 3. 视图原点

该选项区的作用是确定投影视图的放置位置。选项区中的选项功能与【基本视图】对话框中的【视图原点】选项区相同。

### 4. 移动视图

该选项区的功能是移动图纸中的视图。在图纸中选择一个视图后，即可拖移此视图至任意位置。

### 5. 设置

该选项区的功能与【基本视图】对话框中【设置】选项区相同。



## 10.2.4　局部放大视图

有时，视图中某些细小的部位太小，无法进行尺寸标注或注释等，这就需要将视图中细小部分放大显示，单独放大显示的视图就是局部放大视图。在【主页】选项卡中单击【局部放大图】按钮，弹出【局部放大图】对话框，如图 10-15 所示。

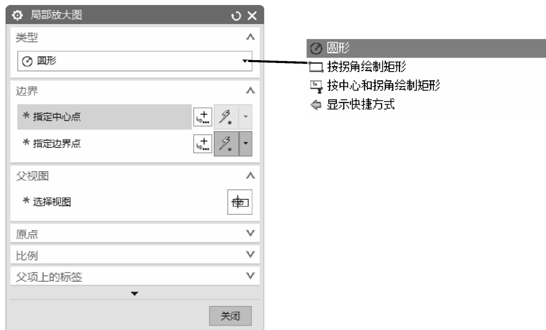



图 10-15　【局部放大图】对话框

对话框中包含 3 种放大视图的创建类型：【圆形】、【按拐角绘制矩形】和【按中心和拐角绘制矩形】。

- 圆形：即局部放大视图的边界为圆形，如图 10-16 所示。
- 按拐角绘制矩形：按对角点的方法创建矩形边界，如图 10-17 所示。
- 按中心和拐角绘制矩形：以局部放大图的中心点及一个角点创建矩形边界，如图 10-18 所示。

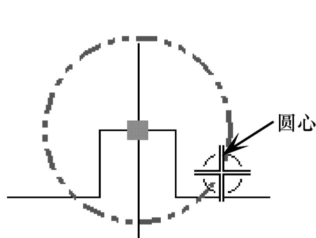


图 10-16 圆形边界

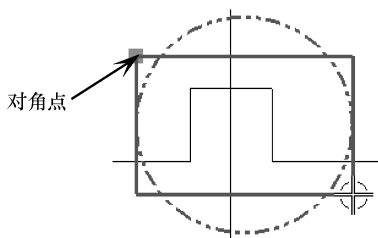


图 10-17 对角点矩形

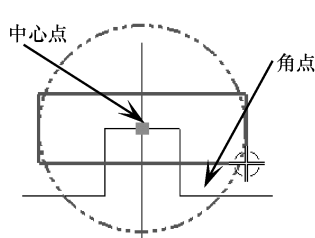


图 10-18 中心点与角点矩形

对话框中各选项区介绍如下。

**1. 边界**

该选项区的功能是确定局部放大图创建类型的参考点，即中心点和拐角点。

**2. 父视图**

该选项区的功能是选择一个视图作为局部放大图的父视图。

**3. 原点**

该选项区的功能是确定局部放大图的放置位置以及局部视图的移动控制等。【原点】选项区的选项设置如图 10-19 所示。

**4. 比例**

该选项区功能是设置局部放大图的比例尺。

**5. 父项上的标签**

该选项区的功能是在局部放大图的父视图上设置标签，标签的设置共有 6 种：【无】、【圆】、【注释】、【标签】、【内嵌】和【边界】，如图 10-20 所示。

**6. 设置**

该选项区的功能与前面所讲的相同，这里不再赘述。



图 10-19 【原点】选项区



图 10-20 【父项上的标签】选项区

##  10. 2. 5 剖切视图

在工程图中创建零件模型的剖切视图是为了表达零件内部结构、形状。零件的剖切视图

包括全剖视图、半剖视图、旋转剖视图、折叠剖视图、定向剖视图、轴侧剖视图、局部剖、展开剖视图等。本节将对这些剖切视图的创建作详细说明。

### 1. 全剖视图

全剖视图是根据所选的主视图来确定建立的。在【主页】选项卡中单击【剖视图】按钮，弹出【剖视图】对话框，当在图纸中选择一个视图后，【剖视图】对话框将弹出剖切视图的创建与编辑功能命令，如图 10-21 所示。

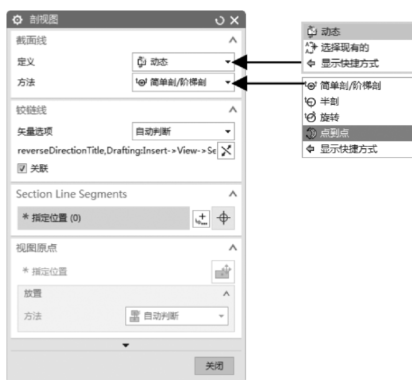


图 10-21 【剖视图】对话框

对话框中各选项含义如下。

(1)【截面线】选项区

- 动态：若零件中有多种不同的孔类型、筋类型等，则可通过选择不同的剖切方法（简单点/阶梯剖、半剖、旋转、点到点）表达，如图 10-22 所示。

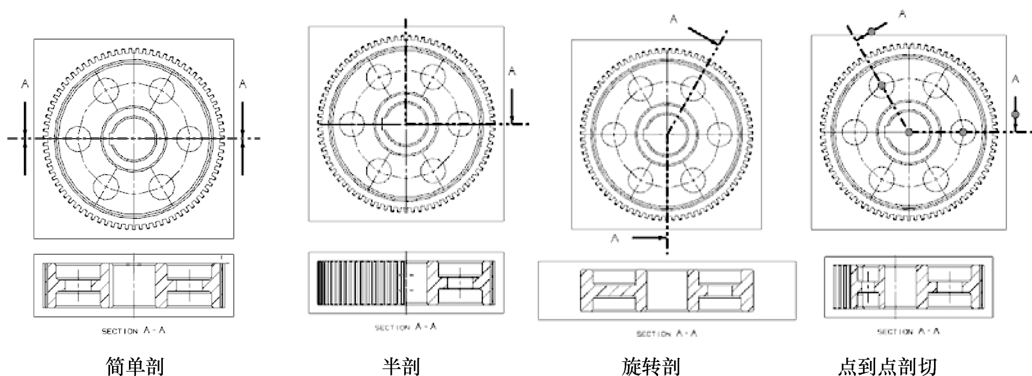


图 10-22 可选剖切方法

| 技巧点拨 | 若要编辑截面线，则可以在关闭创建剖视图的【剖视图】对话框后，双击截面线，如图 10-23 所示。 |
| --- | --- |

- 选择现有的：如果利用【主页】选项卡【视图】组中的【截面线】工具创建了截面线，可以直接选择现有的截面线来创建剖切视图。

(2)【铰链线】选项区

【矢量选项】中包括【快速】和【已定义】两个选项。



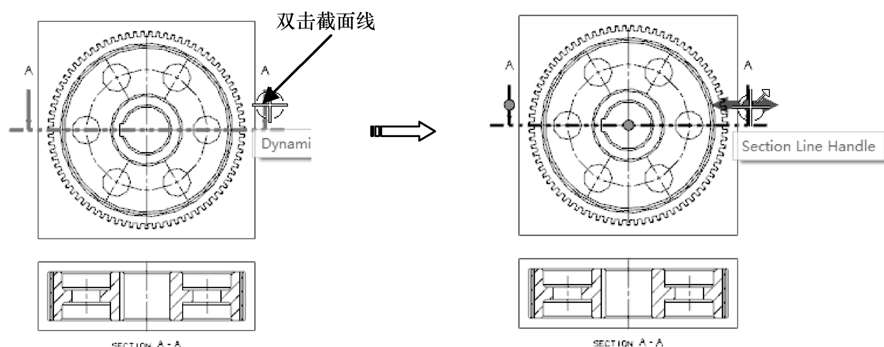



图 10-23　编辑截面线

- 快速：程序自动判断剖切方向。选择此项，定义剖切位置后，用户即可任意定义铰链线，如图 10-24 所示。
- 已定义：以指定方向的方式定义剖切方向，如图 10-25 所示。
- 反向：使剖切方向相反。
- 关联：此选项用于确定铰链线是否与视图相关联。

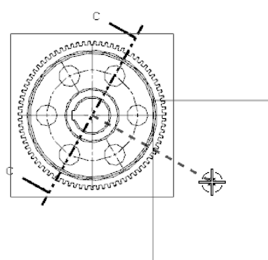


图 10-24　自动判断铰链线

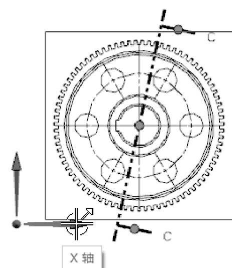



图 10-25　已定义铰链线

(3)【Section Line Segments】(选择部分线段) 选项区

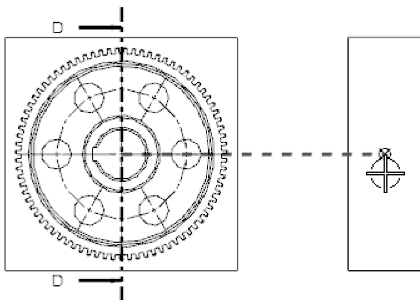
- 指定位置：当确定剖切线后，此按钮命令自动激活，可在图纸中选择截面线中的剖切点重新放置。

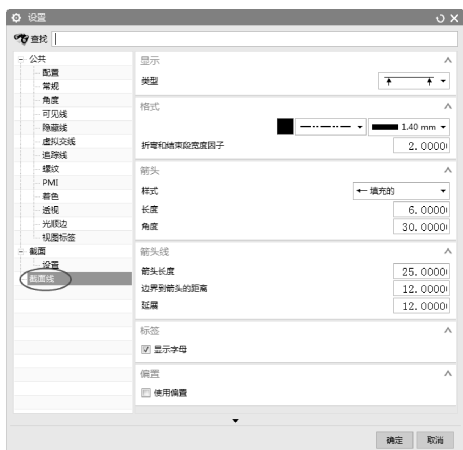
(4)【视图原点】选项区

- 【指定位置】：指定剖切视图的原点位置，以此放置剖切视图，如图 10-26 所示。
- 方法：放置剖切视图的方法，包括【水平】【竖直】【垂直于直线】【叠加】等。
- 对齐：剖切视图相对于父视图的对齐方法，可以基于父视图放置、基于模型点放置或点到点放置等。
- 光标跟踪：勾选此复选框，可以输入视图原点的坐标系相对位置。

(5)【设置】选项区

- 【设置】：单击【设置】按钮，可以打开【设置】对话框设置截面线型，如图 10-27 所示。用户可对剖切线的形状、尺寸、颜色、线型、宽度等参数进行编辑。
- 【非剖切】：如果是装配体，可以选择不需要剖切的组件，创建的剖切图将不包括非剖切组件。


图 10-26　指定视图原点位置


图 10-27　在【设置】对话框设置截面线型

## 2. 展开的点和角度剖视图

展开的点和角度剖视图是指通过指定剖切段的位置和角度创建的视图。这种方式也是先定义铰链线，然后选择剖切位置，并编辑剖切位置处剖切线的角度，最后指定投影位置生成剖视图。

## 3. 局部剖视图

局部剖视图是指通过移除父视图中的一部分区域创建的剖视图。在【主页】选项卡中单击【局部剖】按钮，弹出【局部剖】对话框，如图 10-28 所示。在对话框的列表框中选择一个基本视图作为父视图，或者直接在图纸中选择父视图，将激活如图 10-29 所示的一系列操作步骤按钮命令。

【局部剖】对话框中的选项、按钮命令含义如下。

- 创建：此选项用于创建局部剖视图。
- 编辑：此选项用于编辑创建的局部剖视图。
- 删除：此选项用于删除局部剖视图。
- 选择视图：单击此按钮，即可选择基本视图作为局部剖视图的父视图。
- 指出基点：基点是用于指定剖切位置的点。



图 10-28　【局部剖】对话框



图 10-29　激活按钮命令

- 指出拉伸矢量：用于指定剖切投影方向。选择基点后，选择矢量选项自动弹出，如图 10-30 所示。

- 选择曲线：选择局部剖切的边界时，激活此命令，可通过单击【成链】按钮来自动选择，若选择过程中有错误，则单击【取消选择上一个】按钮，如图 10-31 所示。



图 10-30　矢量选项功能



图 10-31　曲线选择方式

## 10.3 尺寸标注

尺寸用于表达零件形状大小及其相互位置关系。零件工程图上所标注的尺寸应满足齐全、清晰、合理的要求。标注零件时，一般应对零件各组成部分结构形状的作用及其与相邻零件的有关表面之间的关系有所了解，在此基础上分清尺寸的主次，确定设计标准，从设计基准出发标注主要尺寸。其次，从方便加工考虑，选择工艺基准，按形体分析的方法，注全确定形体形状所需的定形尺寸和定位尺寸等非主要尺寸。

在制图环境中，用于工程图尺寸标注的【尺寸】组如图 10-32 所示。

各标注工具的功能如下。

- 快速：该工具由系统自动推断出选用哪种尺寸标注类型进行尺寸标注，默认包括所有的尺寸标注形式。
- 线性：该工具用于标注工程图中所选对象间的水平、竖直、平行、垂直等尺寸。
- 径向：该工具用于标注工程图中所选圆或圆弧的半径尺寸，但标注不过圆心。
- 角度：该工具用于标注工程图中所选两直线之间的角度。
- 倒斜角：该工具用于创建具有 45°的倒斜角尺寸。
- 厚度：该工具用于创建一个厚度尺寸，测量两条曲线之间的距离。
- 弧长：该工具用于标注工程图中所选圆弧的弧长尺寸。
- 周长尺寸：标注圆弧和圆的周长。
- 纵坐标：用于在标注工程图中定义一个原点的位置，作为距离的参考点位置，进而明确给出所选择对象的水平或垂直坐标（距离）。

【尺寸】组中各工具的对话框功能有相似之处，这里以一个工具对话框为例进行说明。在【尺寸】组中单击【快速】按钮，弹出【快速尺寸】对话框，如图 10-33 所示。

制图环境中的零件图尺寸标注方法与草图环境中草图尺寸标注方法是完全一样的，因此，标注过程不再重复介绍了。

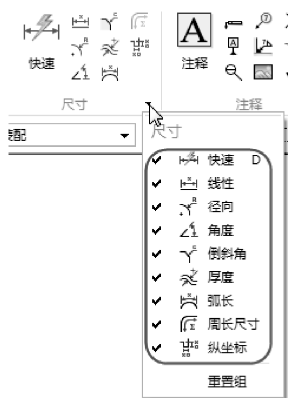



图 10-32　【尺寸】组




图 10-33　【快速尺寸】对话框

## 10.4 工程图注释

工程图的注释就是在工程图中标注制造技术要求，也就是用规定的符号、数字或文字说明制造、检验时应达到的技术指标，如尺寸公差、表面粗糙度、形状与位置公差、材料热处理及其他方面。本节将对【注释】组中的注释工具进行讲解，如图 10-34 所示。




图 10-34　【注释】组



### 10.4.1　文本注释

【注释】组中的【注释】工具主要用来创建和编辑工程图的注释文字。单击【注释】按钮，弹出【注释】对话框，如图 10-35 所示。【注释】对话框中各选项区的功能如下。

**1. 原点**

该选项区用于设置注释的参考点。选项区中各选项含义如下。

- 指定位置：为注释指定参考点位置。可在视图中自行指定参考点位置，也可单击【原点工具】按钮，在弹出的【原点工具】对话框中选择原点与注释的位置关系，如图 10-36 所示。
- 自动对齐：用于确定原点和注释之间的关联设置。该下拉列表中包括 3 个选项，即【关联】、【非关联】和【关】。【关联】是指注释与原点有关联关系，当选择此项时，下方的 4 个复选框全部激活。【非关联】是指注释与原点不保持关联关系，当选择此项时，下方仅有【叠放注释】和【水平或竖直对齐】复选框被激活。【关】是指将下方的 4 个复选框全部关闭，即注释与原点不保持关联关系。


图 10-35 【注释】对话框


图 10-36 【原点工具】对话框

- 层叠注释：即新注释叠放于参照注释的上、下、左、右，如图 10-37 所示。
- 水平或竖直对齐：即新注释与参照注释呈水平或竖直放置，如图 10-38 所示。

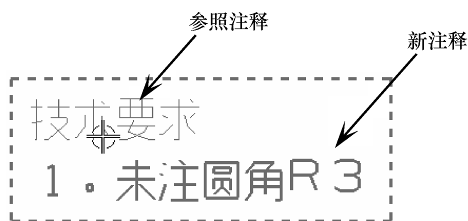


图 10-37 叠放注释



图 10-38 水平或竖直对齐

- 相对于视图的位置：新注释以选定的视图中心作为位置参照并放置，如图 10-39 所示。
- 相对于几何体的位置：新注释以选定的几何体作为位置参照并放置，如图 10-40 所示。
- 捕捉点处的位置：新注释以捕捉点作为参考进行放置。

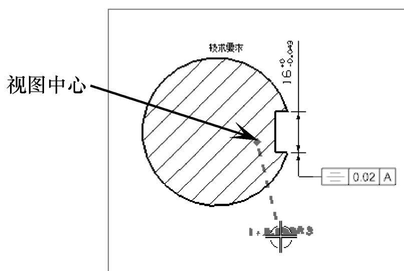


图 10-39 相对于视图的位置

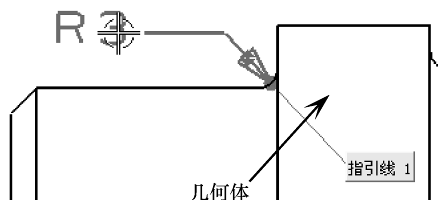


图 10-40 相对于几何体的位置

- 页边空白处的位置：新注释以视图边界为参考进行放置。
- 锚点：是指光标在注释中的位置。在其下拉列表中包括 9 种光标摆放位置。

2. 指引线

该选项区的作用主要是创建和编辑注释的指引线，其选项设置如图 10-41 所示。

3. 文本输入

【文本输入】选项区的作用是创建和编辑注释的文本。此选项区的功能设置与前面所介绍的尺寸标注【快速标注】对话框的文本设置是相同的，因此不再作过多介绍。




图 10-41　【指引线】选项区

**4. 设置**

【设置】选项区主要用于注释文本的样式编辑。



## 10.4.2　形位公差标注

为了提高产品质量，使其性能优良，增长使用寿命，除应给定零件恰当的尺寸公差及表面粗糙度外，还应规定适当的几何精度，以限制零件要素的形状和位置公差，并将这些要求标注在图纸上。在【注释】组中单击【特征控制框】按钮，弹出【特征控制框】对话框，如图 10-42 所示。




图 10-42　【特征控制框】对话框

【特征控制框】对话框中除【框】选项区外，其余选项区的功能及设置均与前面介绍的【注释】对话框相同，因此这里仅介绍【框】选项区的功能设置。在【框】选项区中可设置标注形位公差，如图 10-43 所示。

此形位公差标注的含义是：公差带是直径为公差值 0.10，并且在圆孔理想位置轴线的圆柱面内。第二基准 A 遵守最大实体要求，并且自身又要遵守包容原则，而基准轴线 A 对基准平面 C 又有垂直度 φ0 Ⓜ要求，故位置度公差是在基准 A 处于实效边界时给定的，当它偏离实效边界时，圆孔的理想位置轴线在必须垂直基准平面 D 的情况下移动。

接下来介绍各个选项组。

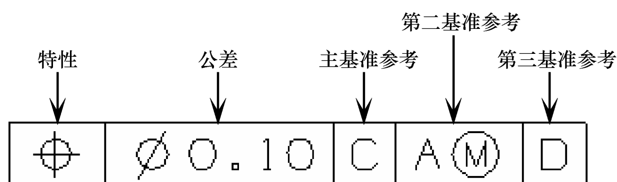


图 10-43　形位公差标注

1. 特性

【特性】选项组中包含 14 个形位公差符号。

2. 框样式

【框样式】选项组包括【单框】和【复合框】。【单框】就是单行并列的标注框。【复合框】就是两行并列的标注框。

3. 公差

【公差】选项组主要用来设置形位公差标注的公差值、形位公差遵循的原则以及公差修饰等。

4. 主基准参考

【主基准参考】选项组主要用来设置主基准以及遵循的原则、要求。

5. 第一基准参考

【第一基准参考】选项组主要用来设置第一基准以及遵循的原则、要求。

6. 第二基准参考

【第二基准参考】选项组主要用来设置第二基准以及遵循的原则、要求。

###  10.4.3　粗糙度标注

零件的表面粗糙度是指加工面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特性。一般由所采用的加工方法和其他因素形成。

在首次标注表面粗糙度符号时，制图环境中用于标注粗糙度的工具并没有被加载到 UG 程序中。用户要在 UG 安装目录的 UGII 子目录中找到环境变量设置文件【ugii_env. dat】，并用写字板将其打开，将环境变量【UGII_SURFACE_FINISH】的缺省设置由 OFF 改为 ON。保存环境变量设置文件并重新启动 UG，然后才能进行表面粗糙度的标注工作。

在【注释】组中单击【表面粗糙度符号】按钮 √，弹出【表面粗糙度】对话框，如图 10-44 所示。

该对话框中含有 3 个方面的内容：符号、填写格式和标注方位。

### 1. 符号

对话框中共有 9 个粗糙度符号，可将其分为 3 类。第一类是零件表面的加工方法。此类符号包括基本符号、基本符号－需要材料移除和基本符号－禁止材料移除。

第二类是标注参数及有关说明，包括带修饰符的基本符号、带修饰符的基本符号－需要移除材料和带修饰符的基本符号－禁止移除材料。

第三类是表面粗糙度要求，包括带修饰符和全圆符号的基本符号、带修饰符和全圆符号的基本符号－需要移除材料和带修饰符和全圆符号的基本符号－禁止移除材料。




图 10-44 【表面粗糙度】对话框

### 2. 填写格式

表面粗糙度符号的填写格式中所包含的字母以及符号文本、粗糙度、圆括号选项的含义如下。

- a1、a2：粗糙度高度参数的允许值（单位为 μm）。
- b：加工方法、渡涂或其他表面处理。
- c：取样长度（单位为 mm）。
- d：加工纹理方向符号。
- e：加工余量（单位为 mm）。
- f1、f2：粗糙度间距参数值（单位为 μm）。
- 圆括号：是指是否为粗糙度符号添加圆括号，有 4 种添加方法：无（不添加）、左（添加在粗糙度符号左边）、右视图（添加在粗糙度符号右边）和两者皆是（添加在粗糙度符号两边）。
- Ra 单位：Ra 是指在取样长度内，轮廓偏距的算术平均值，它代表着粗糙度参数值。此单位有两种表示方法，一是以微米为单位的粗糙度，二是以标准公差代号为等级的粗糙度，如 IT。
- 符号文本大小（毫米）：粗糙度符号上的文本高度值。
- 重置：重新设置填写格式。

### 3. 标注方法

表面粗糙度在图样上的标注方法有如下几种。

- 符号方位：是指粗糙度符号为水平标注或是竖直标注。
- 指引线类型：是指粗糙度符号标注时指引线的样式。
- 在延伸线上创建：是指在模型边的延伸线上或尺寸线上标注粗糙度符号。
- 在边上创建：在模型的边上标注粗糙度符号。
- 在尺寸上创建：在标注的尺寸线上标注粗糙度符号。
- 在点上创建：在指定的点上标注粗糙度符号。
- 用指引线创建：在创建的指引线上标注粗糙度符号。
- 重新关联：重新指定相关联的符号。
- 撤销：撤销当前所标注的粗糙度符号。

# 10.5 表格

【表格】组中的工具用于创建图纸中的标题栏。一个完整标题栏，应包括表格和表格文本。接下来将一一介绍创建和编辑标题栏的工具。



## 10.5.1 表格注释

【表格注释】是指在图纸中插入表格。在【表格】组中单击【表格注释】按钮，随后按信息提示在图纸的右下角处指明表格的放置位置，放置后程序自动插入表格，如图 10-45 所示。插入的表格如图 10-46 所示。

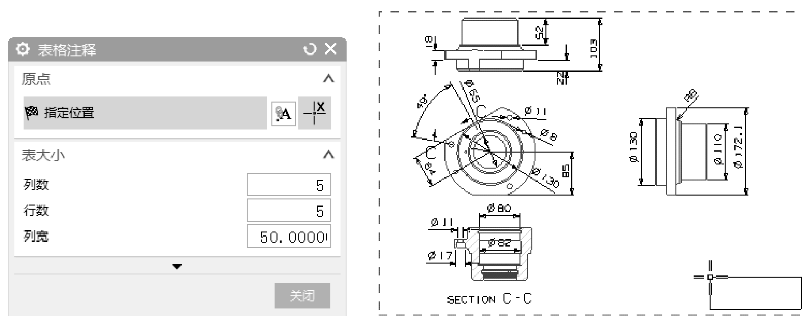



图 10-45 指定表格位置

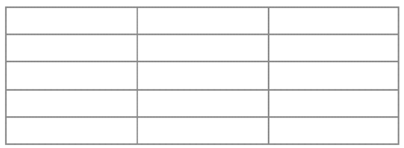


图 10-46 插入的表格



## 10.5.2 零件明细表

【零件明细表】用于创建装配工程图中零件的物料清单。在【表格】组中单击【零件明细表】按钮，然后在标题栏上方选择一个位置放置零件明细表。零件明细表如图 10-47 所示。

零件序号　零件名称　零件材料

| PC NO | PART NAME | QTY |
|---|---|---|

图 10-47 零件明细表



## 10.5.3 编辑表格

所谓编辑表格，是指编辑选定的表格单元中的文本。首先选择一个单元格，接着在【表格】组中单击【编辑表格】按钮，此时在单元格处弹出文本框。用户在此文本框中输入正确的文本后，单击鼠标中键或按下【Enter】键，即可完成编辑表格的操作，如图 10-48 所示。

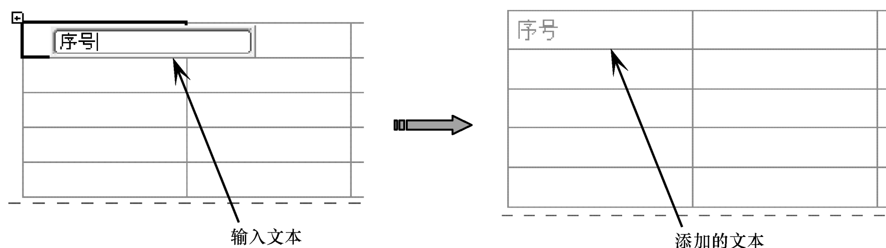





图 10-48　零件明细表



## 10.5.4　编辑文本

【编辑文本】可使用【文本】对话框编辑选定单元格中的文本。首先选择有文本的单元格，然后在【表格】组中单击【编辑文本】按钮，弹出【文本】对话框，如图 10-49 所示。通过此对话框可对单元格中文本的文字、符号、文字样式、文字高度等进行编辑。



图 10-49　【文本】对话框



## 10.5.5　插入行和列

当标题栏中所填写的内容较多而插入的表格不够时，需要插入行或列。插入表格行或列的工具有【上方插入行】【下方插入行】【插入标题行】【左边插入列】以及【右边插入列】。

### 1. 上方插入行

【上方插入行】是指在选定行的上方插入新的行，如图 10-50 所示，在表格中选中一行，接着在【表格】组中执行【上方插入行】命令，随后程序自动在选定行的上方插入新的行。

| 技巧点拨 | 选择行与列时，注意光标的选择位置，选择行时，必须将光标靠近所选行的最左端或最右端。同理，选择列时，将光标靠近所选列的最上端或最下端，否则不能被选中。 |
| --- | --- |

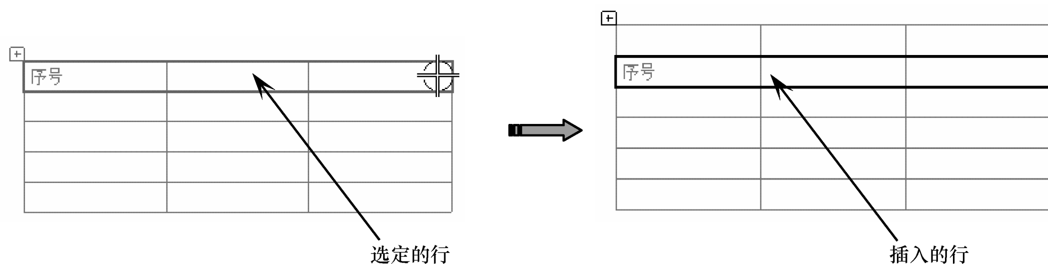


图 10-50　在选定行的上方插入行

2. 下方插入行

【下方插入行】是指在选定行的下方插入新的行，操作方法同上。

3. 插入标题行

【插入标题行】是指在选定行的表格区域顶部或底部插入新的行，如图 10-51 所示，在表格中选中一行，接着在【表格】组中执行【插入标题行】命令，随后程序自动在表格区域的底部插入新的行。

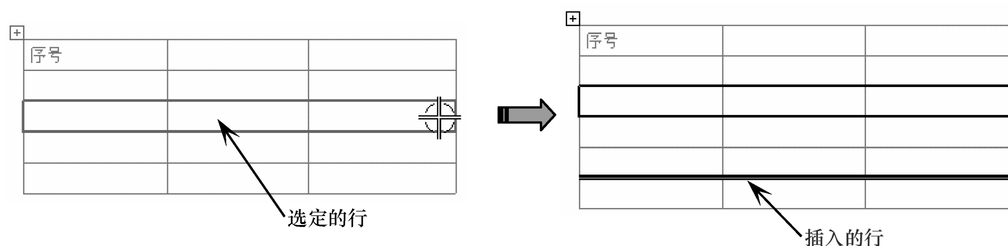


图 10-51　在表格区域底部插入行

4. 左边插入列

【左边插入列】是指在选定列的左边插入新的列，如图 10-52 所示，在表格中选中一列，接着在【表格】组中执行【左边插入列】命令，随后程序自动在选定类的左边插入新的列。

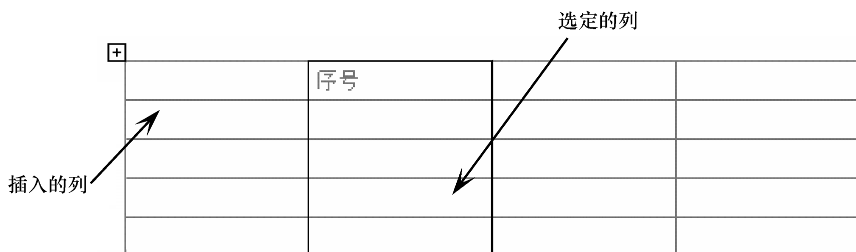


图 10-52　在选定列的左边插入新的列

5. 右边插入列

【右边插入列】是指在选定列的右边插入新的列，操作方法同【左边插入列】。



## 10.5.6　调整大小

【调整大小】是指调整选定行或选定列的高度或宽度。若选定行，使用【调整大小】工具只能调整其高度值，若选定列，则只能调整宽度值。在表格中选中一行，接着在【表格】

组中单击【调整大小】按钮，并在随后弹出的【行高度】文本框中输入新值 10，按下【Enter】键，选定行的高度被更改，如图 10-53 所示。

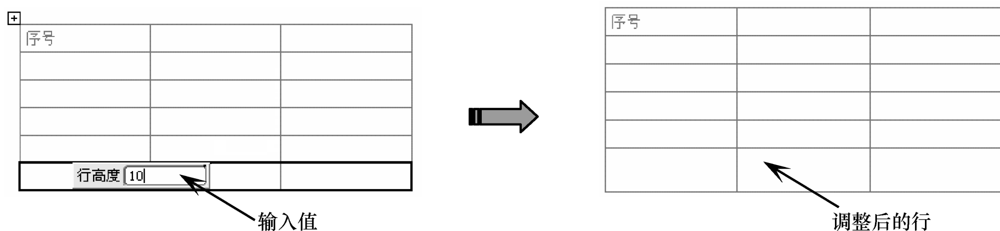



图 10-53 调整选定行的高度



### 10.5.7 合并或取消合并

【合并单元格】是指合并选定的多个单元格。多个单元格的选择方法是：在一个单元格中按住左键，然后拖曳光标向左或向右、向上、向下至下个单元格，光标经过的单元格即被自动选中，如图 10-54 所示，在表格中选中 3 个单元格后，在【表格】组中执行【合并单元格】命令，随后选中的 3 个单元格被合并为 1 个单元格。

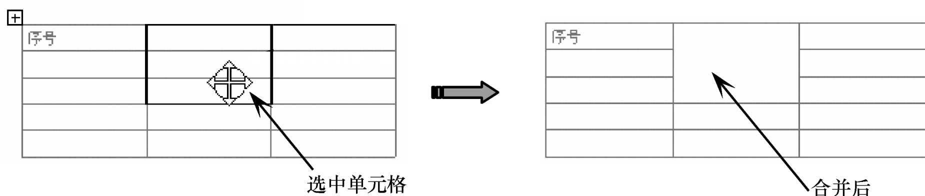



图 10-54 合并选定的 3 个单元格

【取消合并单元格】是指将合并的单元格拆解成合并前的状态。取消合并单元格的操作过程是：选择合并的单元格，然后执行【取消合并单元格】命令，即可将合并的单元格拆解。

## 10.6 工程图绘制训练

工程图包括零件工程图和装配工程图。在零件图中需要对零件的形状、相对位置关系进行标注说明，而在装配图中则无需标注出单个零件的尺寸，只要标注总装配尺寸（总体长、宽、高）即可。下面以零件工程图和装配工程图的实例来具体说明工程图的创建方法。



### 10.6.1 零件工程图——轴工程图设计

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch10 \ zhou. prt
演示视频路径：视频 \ Ch10 \ 轴零件工程图设计 . avi

表达零件的图样称为零件工作图，简称零件图，它是制造和检验零件的重要技术文件。在机械设计、制造过程中，人们常使用机械零件的零件工程图来辅助制造、检验生产流程，并用以测量零件尺寸参考。

齿轮轴、电动机转轴等属于轴套类零件。为了加工时看图方便，主视图应将轴套类零件

的轴线水平放置。对于轴类零件的一些局部结构，常采用剖视、断面、局部放大和局部剖视来表达。齿轮轴零件工程图如图 10-55 所示。

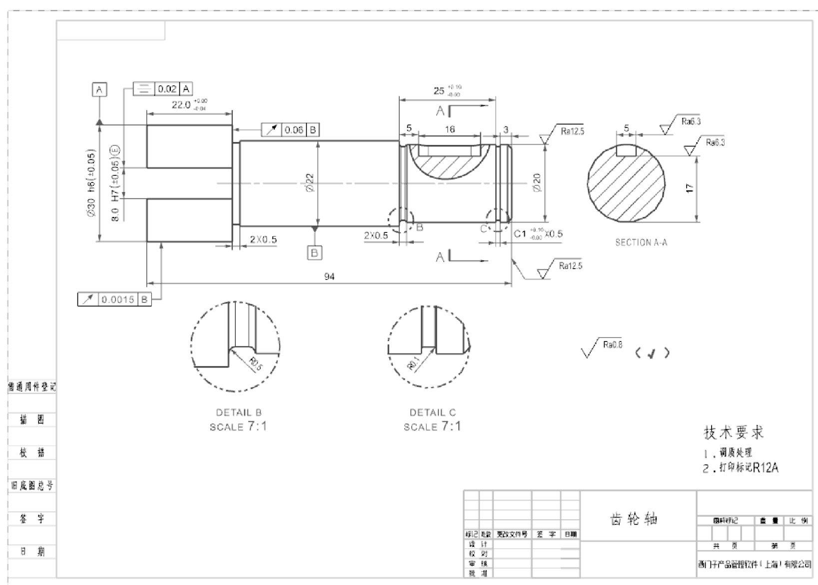



图 10-55 齿轮轴零件工程图

齿轮轴零件工程图创建过程可分为创建基本视图、创建剖切视图、添加中心线、工程图注释、创建表格等步骤。

**设计步骤：**

**01** 打开本例源文件【zhou. prt】。

**02** 在【应用模块】选项卡【设计】组中单击【制图】按钮，进入制图环境中。

**03** 在【主页】选项卡中单击【新建图纸页】按钮，然后按如图 10-56 所示的操作步骤建立主视图。

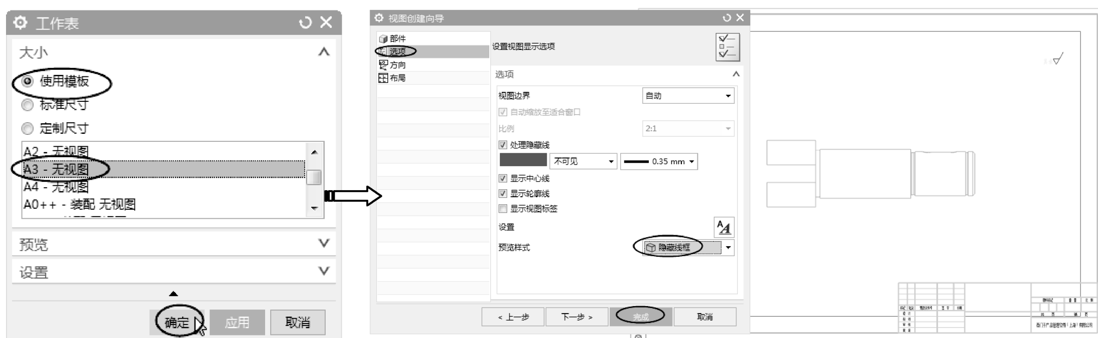



图 10-56 创建主视图

| 技巧点拨 | 要想使用 GB 的国标制图模板，则执行【文件】|【实用工具】|【用户默认设置】命令，打开【用户默认设置】对话框。在此对话框的【制图】选项面板中，设置制图标准为【GB】，如图 10-57 所示。 |
|---|---|

**04** 接下来将视图边界隐藏。在菜单栏中执行【菜单】|【首选项】|【制图】命令，打开【制图首选项】对话框。在【视图】选项面板中取消勾选【边界】选项区中【显示】复选框，如图 10-58 所示。



图 10-57 使用 GB 图纸模板

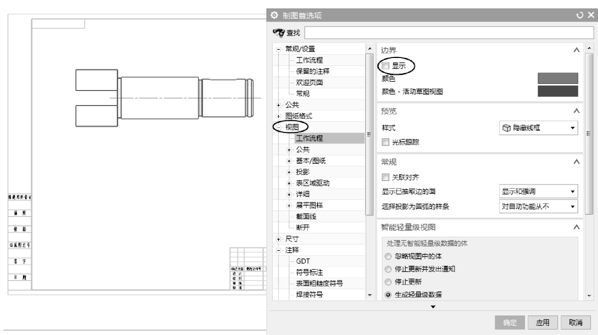


图 10-58 隐藏视图边界

**05** 在【视图】组中单击【剖视图】按钮，弹出【剖视图】对话框。按如图 10-59 所示的操作步骤创建剖视图。完成剖视图创建后，单击【确定】按钮，关闭【剖视图】对话框。

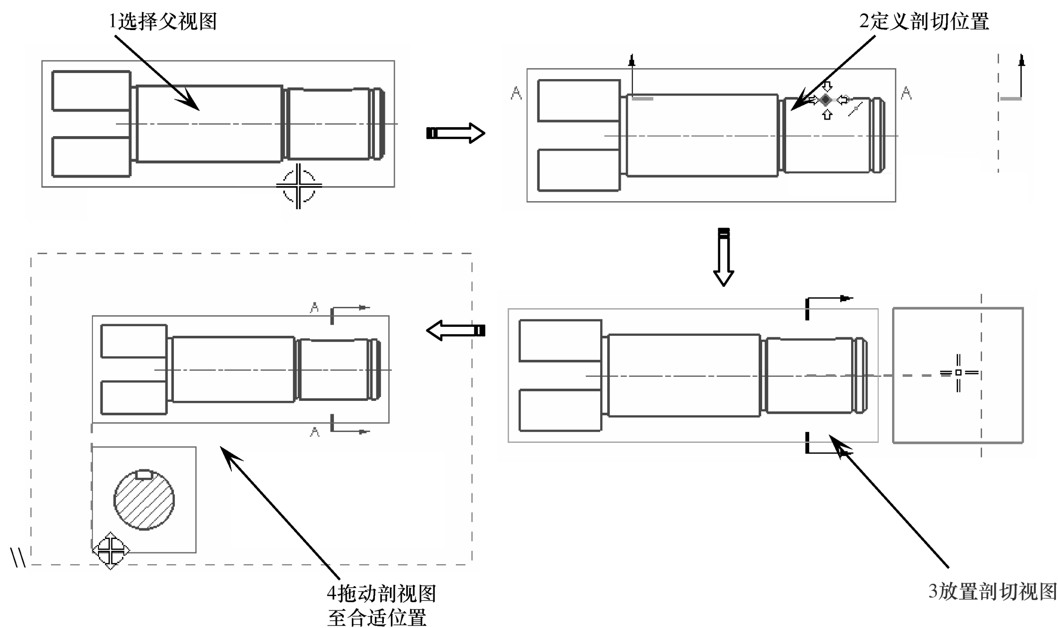



图 10-59 创建剖视图

**06** 在【视图】组中单击【局部放大图】按钮，弹出【局部放大图】对话框。按如图 10-60 所示的操作步骤在轴退刀槽处创建局部放大图。

**07** 同理，在轴的另一退刀槽处创建放大比例为【7：1】的局部放大视图，如图 10-61 所示。



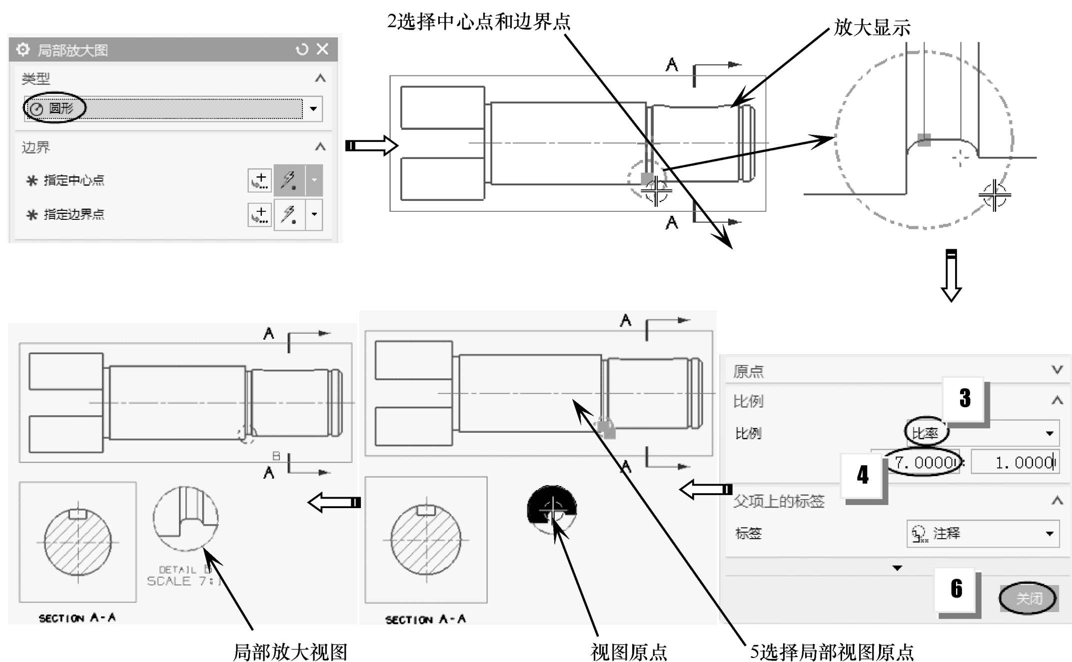



图 10-60　创建局部放大视图

**08** 在图纸中选中主视图的视图边界并单击右键，选中右键菜单中的【活动草图视图】命令，将主视图单独激活，如图 10-62 所示。

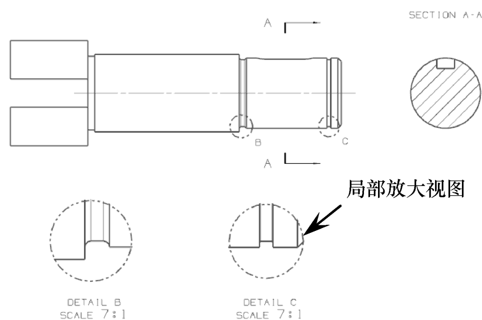



图 10-61　创建另一局部放大视图

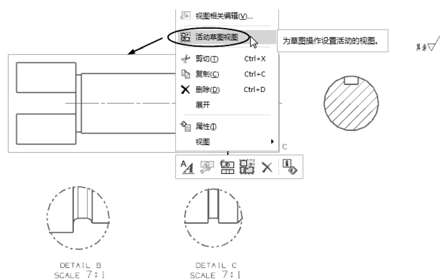


图 10-62　激活主视图为活动草图视图

**09** 激活视图后，单击【主页】选项卡【草图】组中的【样条曲线】按钮，绘制如图 10-63 所示的样条曲线。单击【完成草图】按钮，退出活动草图视图。

**10** 在【视图】组中单击【局部剖】按钮，弹出【局部剖】对话框。按如图 10-64 所示的操作步骤完成局部剖视图的创建。

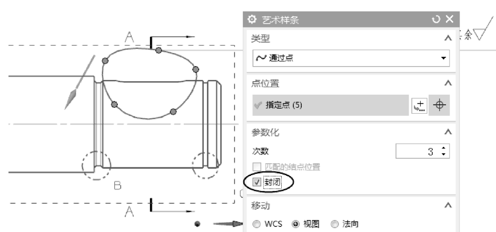


图 10-63　创建样条曲线

**11** 使用【尺寸】组和【注释】组中的尺寸标注工具，标注出如图 10-65 所示的零件图尺寸。

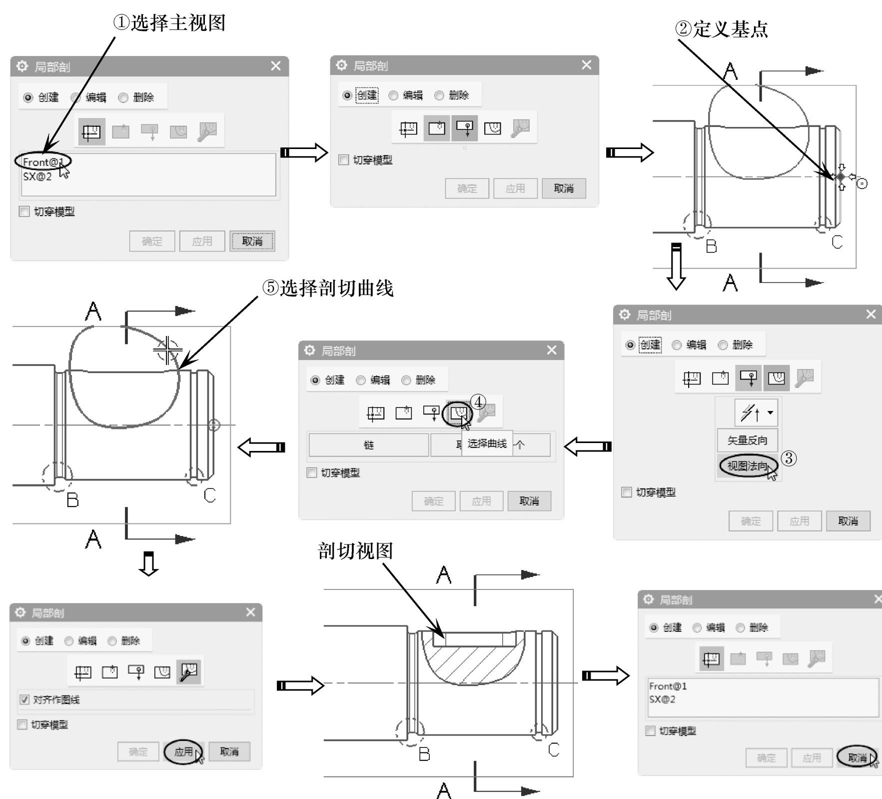



图 10-64　创建局部剖视图

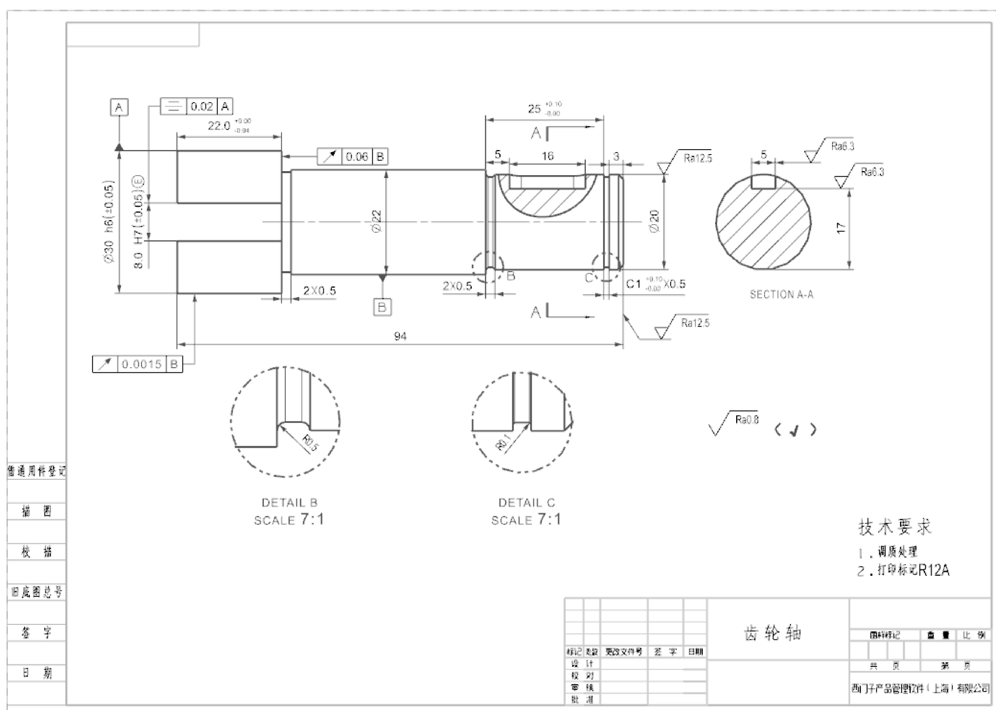



图 10-65　标注零件图尺寸

**12** 单击【注释】按钮A，弹出【注释】对话框。在【设置】选项区中单击【设置】按钮A，然后设置文本的字体样式和文字大小，如图 10-66 所示。




图 10-66 设置字体样式和大小

**13** 在【注释】对话框的【文本输入】选项区的文本输入框内输入【齿轮轴】字样，然后将文本放置到图纸标题栏中，如图 10-67 所示。

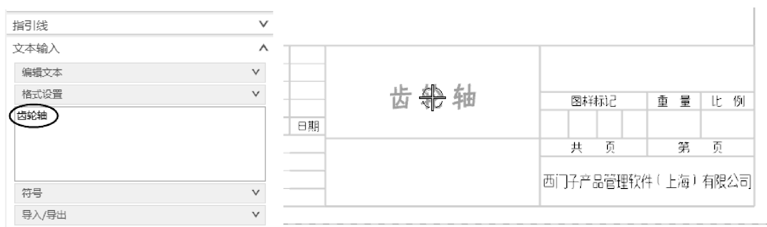



图 10-67 放置文本到标题栏中

**14** 同理，在标题栏上方放置工程图图纸的【技术要求】，如图 10-68 所示。

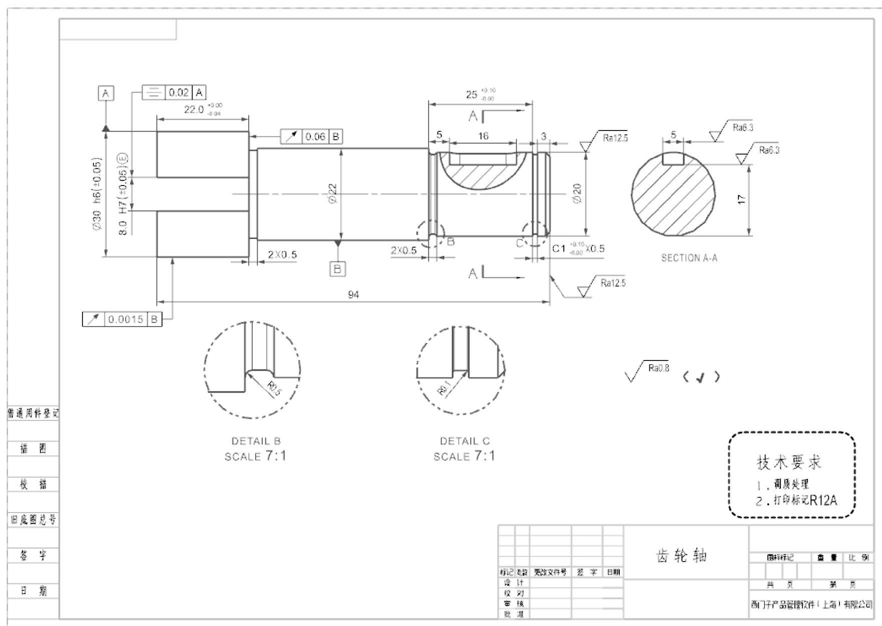



图 10-68 书写技术要求

**15**　至此，齿轮轴零件工程图已创建完成，最后将零件工程图保存。



## 10.6.2　装配工程图——台虎钳装配工程图设计

练习文件路径：上机操作 \ 结果文件 \ Ch10 \ 台虎钳 \ huqian. prt
演示视频路径：视频 \ Ch10 \ 台虎钳装配工程图设计 . avi



装配图是表达机器或产品整体结构的一种图样。在设计阶段，一般先画出装配图，然后根据它所提供的总体结构和尺寸，设计绘制零件图；在生产阶段，装配图是编制装配工艺，进行装配、检验、安装、调试以及维修等工作的依据。

虎钳的装配图设计过程包括创建图纸，插入基本视图、全剖视图、半剖视图及爆炸视图，标注图形、完成标题栏的填写。虎钳装配工程图如图 10-69 所示。

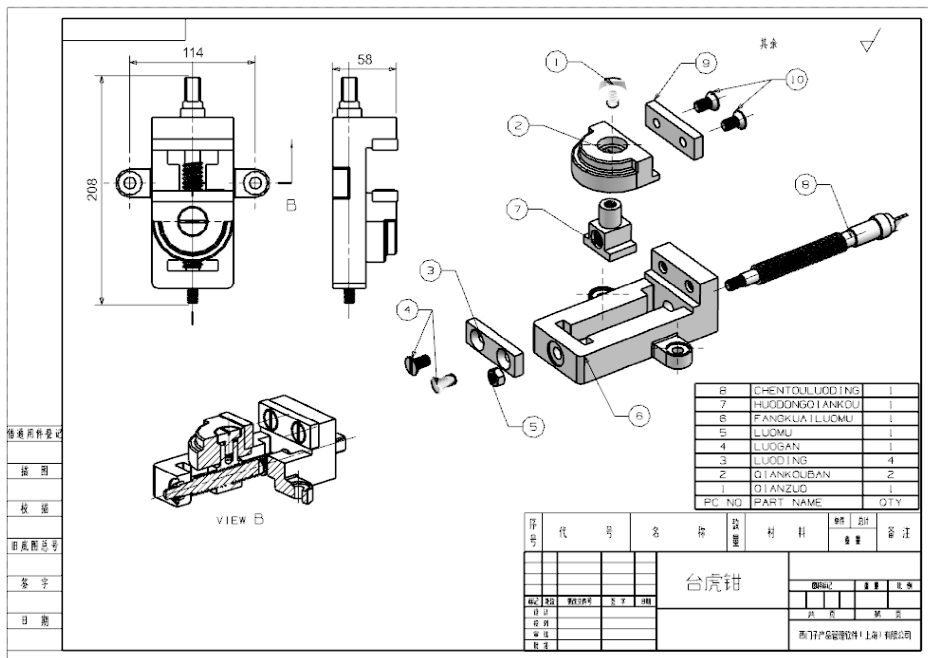



图 10-69　虎钳装配工程图

**设计步骤：**

**01**　打开本例源文件【huqian. prt】。

**02**　在【应用模块】选项卡【设计】组中单击【制图】按钮，进入制图环境中。

**03**　在【主页】选项卡中单击【新建图纸页】按钮，选择【A3－装配 无视图】模板，单击【确定】按钮，在随后弹出的【视图创建向导】对话框中设置布局为主视图、侧视图和轴侧视图，如图 10-70 所示。

**04**　单击【完成】按钮，自动生成用户定义的布局视图，如图 10-71 所示。从创建的布局视图看，视图中的模型样式、背景颜色、栅格等都是影响图纸的重要元素，需要关闭。

**05**　在菜单栏中执行【首选项】|【可视化】命令，在弹出的【可视化首选项】对话框中设置背景色（单击色块改变颜色为白色），如图 10-72 所示。




图 10-70　选择制图模板并设置视图布局

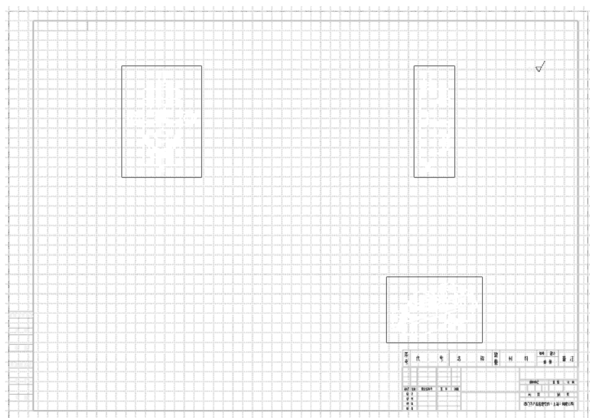


图 10-71　创建图纸布局




图 10-72　设置背景色

**06** 执行【首选项】|【栅格】命令，在弹出的【栅格首选项】对话框中取消勾选【显示栅格】复选框，如图 10-73 所示。




图 10-73　取消栅格的显示

**07** 设置背景颜色和栅格后，图纸变得非常清晰，如图 10-74 所示。

**08** 单击【剖视图】按钮，弹出【剖视图】对话框。按如图 10-75 所示的操作步骤完成剖视图的创建。

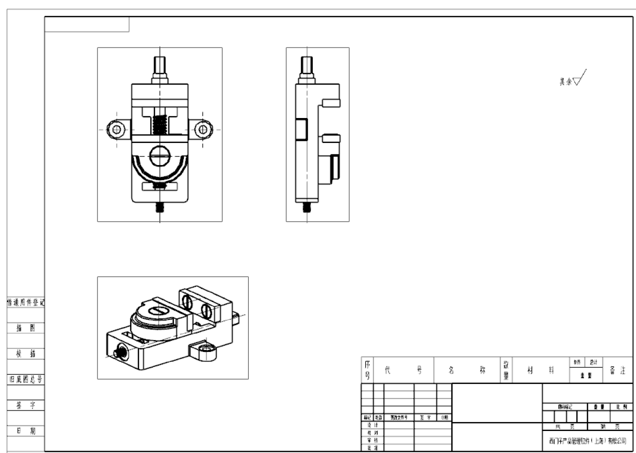


图 10-74 设置背景和栅格后的图纸

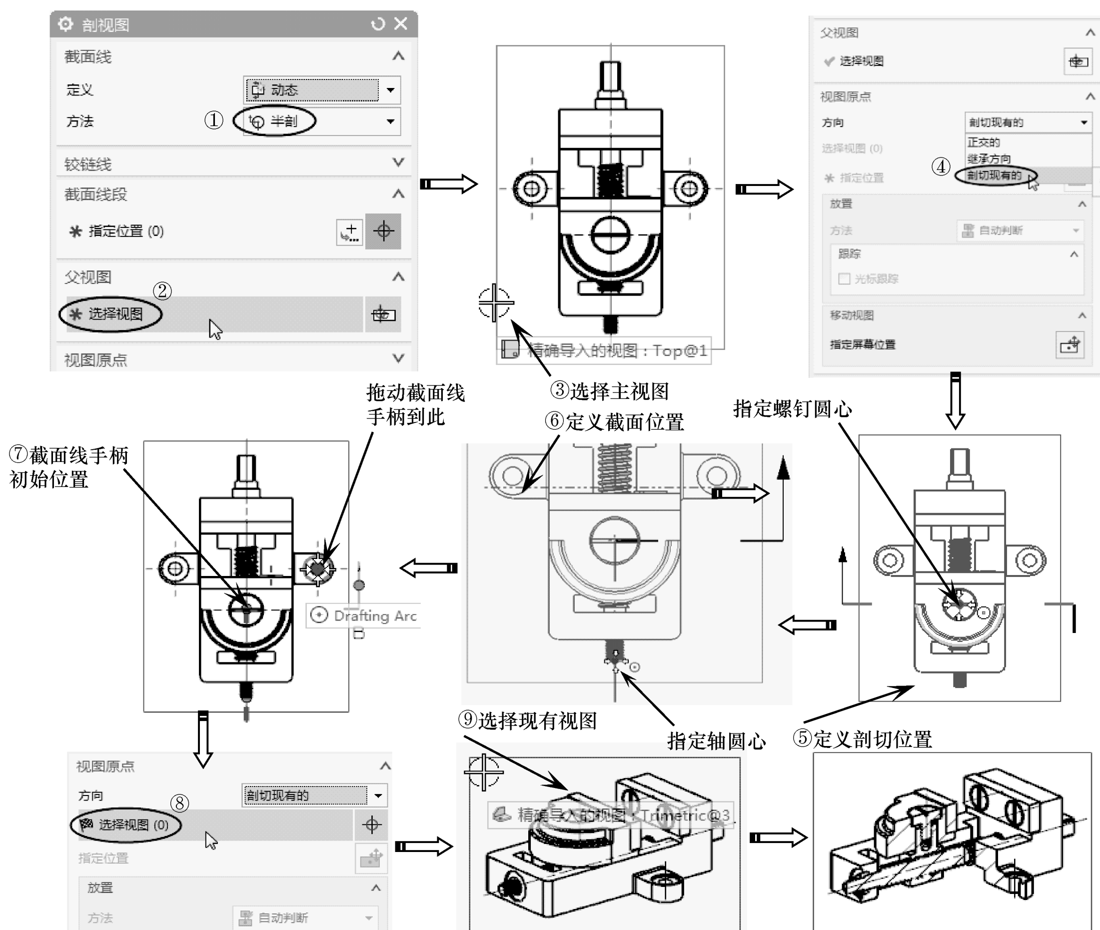
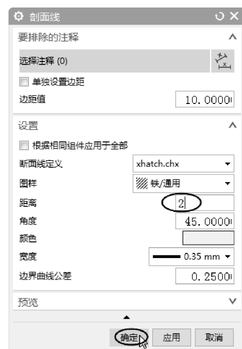



图 10-75 创建半剖视图

**09** 双击半剖视图中的剖面线，在弹出的【剖面线】对话框中将剖面线的距离由默认的 6 更改为 2，单击【确定】按钮，完成剖面线的编辑，如图 10-76 所示。同理，



将半剖视图中其余剖面线都更改为相同值。



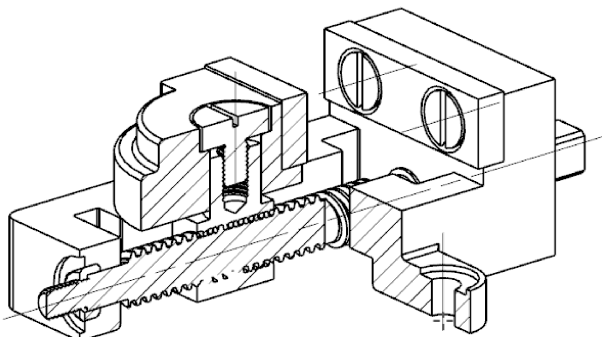


图 10-76　编辑剖面线

**10** 完成剖面线的编辑后，将半剖视图移动到主视图下方。在软件窗口功能区的右侧命令查找器中输入【显示图纸页】并单击图标搜索此命令，稍后会弹出搜索结果，然后将搜索到的【显示图纸页】命令添加到当前选项卡中，如图 10-77 所示。




图 10-77　查找并添加命令

**11** 单击【显示图纸页】按钮，进入建模视图，图形区中显示虎钳装配模型。

**12** 在【装配】选项卡中单击【创建爆炸图】按钮和【编辑爆炸图】按钮，创建出虎钳的装配爆炸图，如图 10-78 所示。

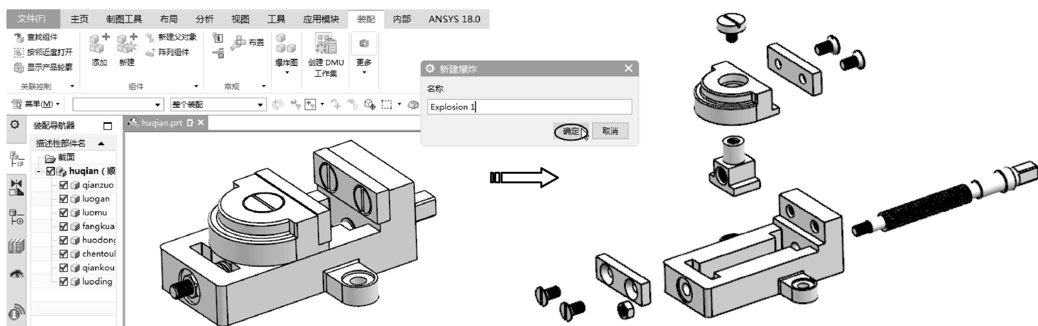


图 10-78　创建虎钳装配爆炸图

**13** 完成装配爆炸图后单击【主页】选项卡中【显示图纸页】按钮，返回工程视图。

**14** 在【视图】组中单击【基本视图】按钮，打开【基本视图】对话框。在对话框

的【模型视图】选项区【要使用的模型视图】下拉列表中选择【俯视图】类型，并将刻度尺的比例调整为【1：2】，如图 10-79 所示。

| 技巧点拨 | 选择俯视图时，若显示的图形非轴侧图，则单击对话框【模型视图】选项区的【定向视图工具】按钮，然后在弹出的【定向视图】窗口中通过旋转视图来调整爆炸视图状态，而最终添加的基本视图就是自行调整的定向视图，如图 10-80 所示。如果在调整视图状态时看不见模型，可以先放置爆炸视图，然后双击爆炸视图的边界，在【设置】对话框【公共】|【着色】选项面板中修改此视图显示样式为【完全着色】。 |
| --- | --- |




图 10-79　设置视图类型

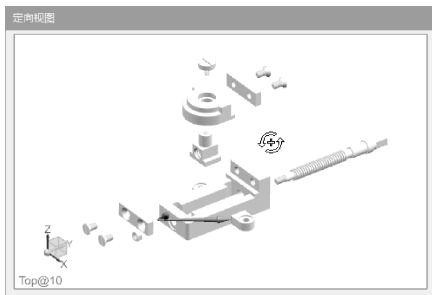



图 10-80　调整视图状态

**15**　最后在图纸右侧放置装配爆炸视图，如图 10-81 所示。

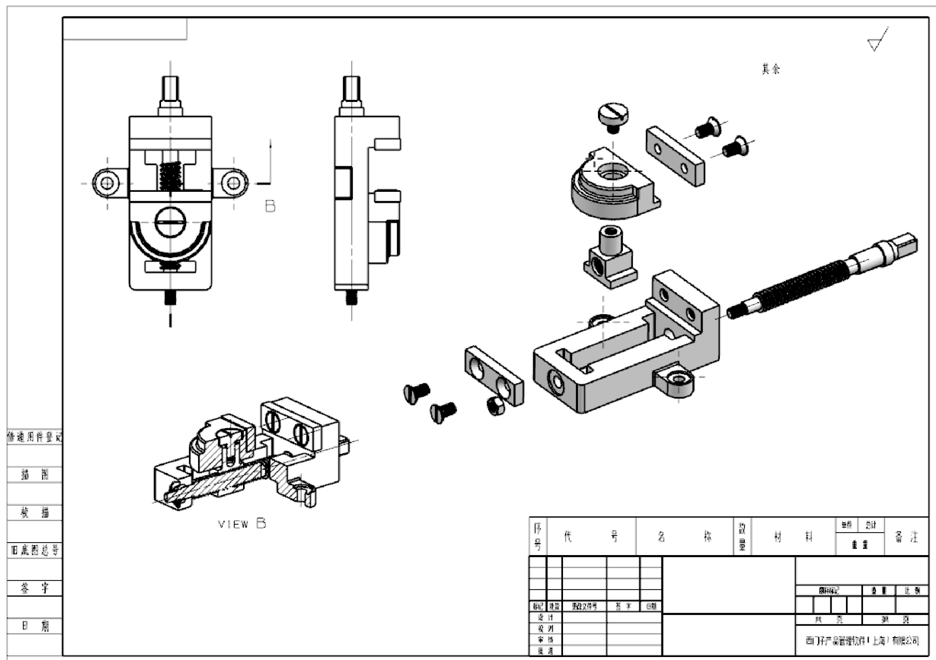



图 10-81　添加装配爆炸视图



**16** 使用尺寸标注工具标注虎钳装配模型。

**17** 在【注释】组中单击【符号标注】按钮，弹出【符号标注】对话框。按如图10-82所示的操作步骤创建装配组件标识符号。

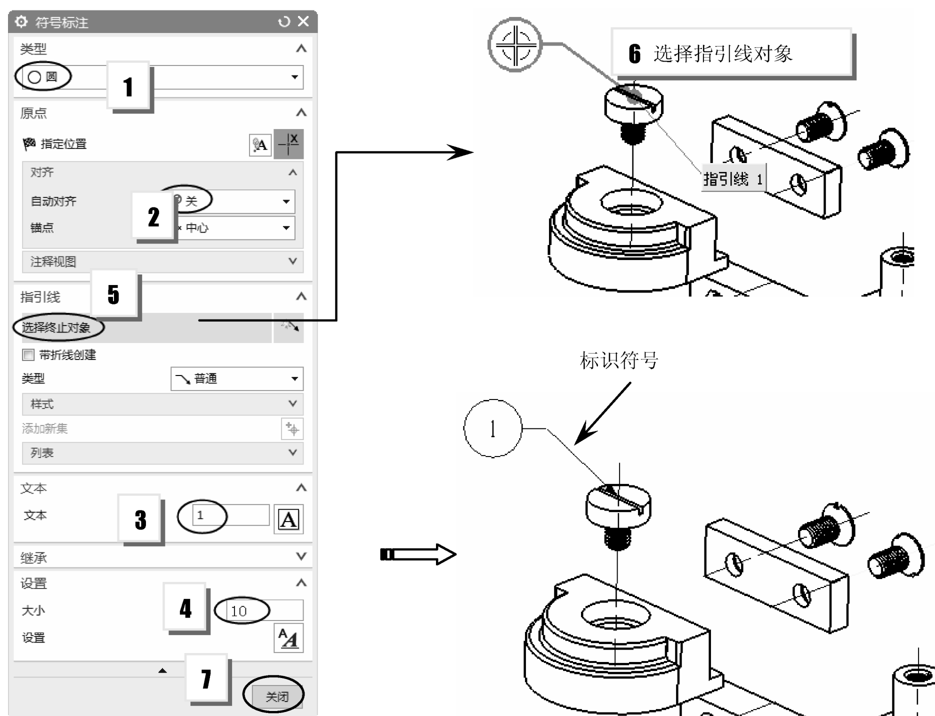



图 10-82 创建标识符号

**18** 同理，依次创建出其余装配组件的标识符号。创建完成的结果如图10-83所示。

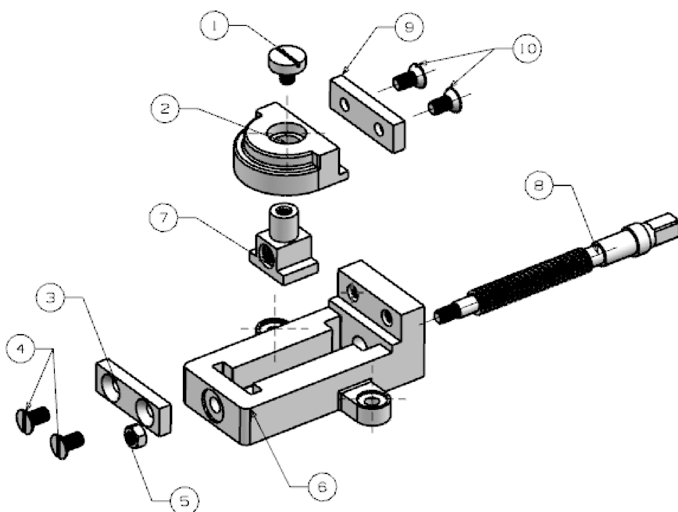



图 10-83 创建其余装配组件标识符号

**19** 在【表】组中单击【零件明细表】按钮，然后将零件明细表放置于图纸标题栏的上方。

技巧点拨

如果创建明细表时弹出提示对话框，提示要设置环境变量【UGII_UPDATE_ALL_ID_SYMBOLS_WITH_PLIST】的值为 0，才可以复制明细表，则在电脑中添加系统变量即可，如图 10-84 所示。




图 10-84　添加系统变量

**20** 放置明细表后，整个虎钳的装配工程图即创建完成。最终创建完成的虎钳装配图如图 10-85 所示。

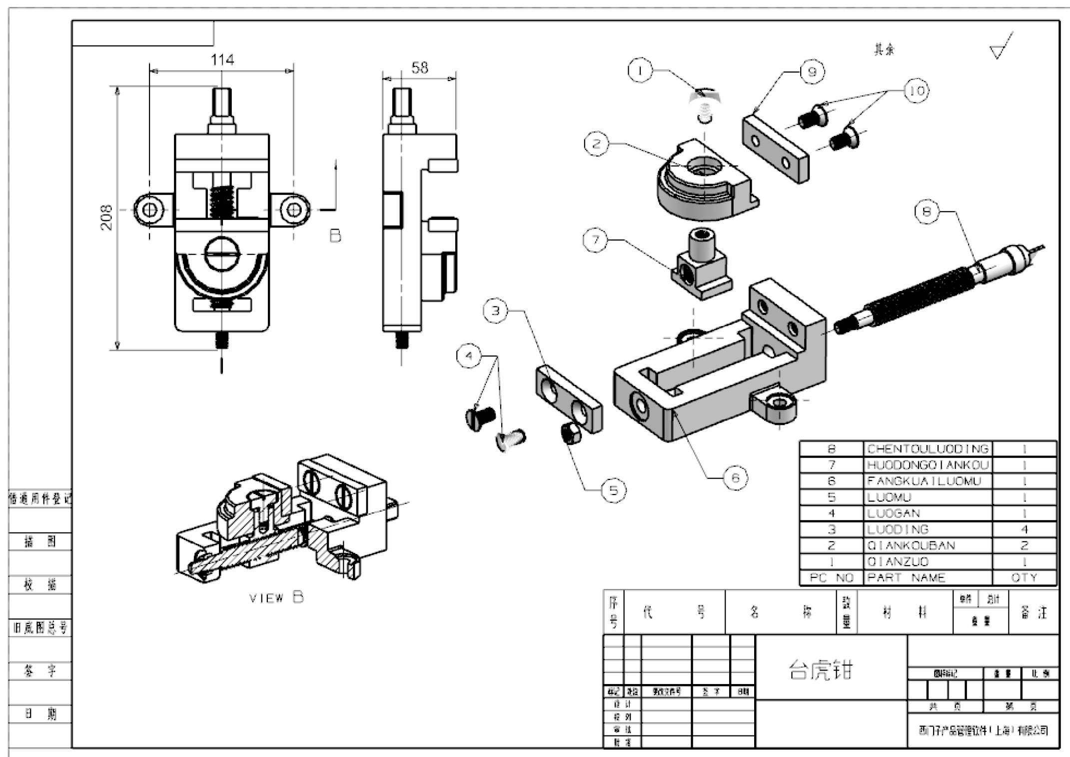



图 10-85　虎钳装配工程图

## 10.7 UG 工程师认证试题（十）

**一、选择题**

（1）如何用鼠标实现模型的平移。（B）

A. 左键 + 中键　B. 右键 + 中键　C. 单击右键　D. 单击左键

（2）（　）是 UG NX 系统提供给用户的坐标系统，用户可以根据需要任意移动它的位置。（B）

A. 绝对坐标系（ACS）　B. 工作坐标系（WCS）　C. 机构坐标系（MCS）

（3）隐藏对象的快捷键为（　）。（C）

A. Alt + C　B. Ctrl + V　C. Ctrl + B　D. Shift + B

（4）用【CSYS 构造器】可以定义坐标的各种方式，下面哪个图标是选取绝对坐标系为工作坐标系。（C）

A.　B.　C.　D.

（5）UG 软件提供了（　）个图层供用户使用，用户可以设置图层的名称、分类、属性和状态等，还可以进行有关图层的编辑操作。（B）

A. 255　B. 256　C. 257　D. 150

（6）以下哪个图标是捕捉交点。（B）

A.　B.　C.　D.

**二、思考题**

（1）什么是工程图？

（2）制图的规定有哪些？

（3）尺寸的标注应遵循哪些基本原则？

（4）常见的制图类型有哪些？

（5）UG 制图的特点是什么？

**三、工程制图练习**

（1）创建垫片零件工程图，垫片零件模型如图 10-86 所示。

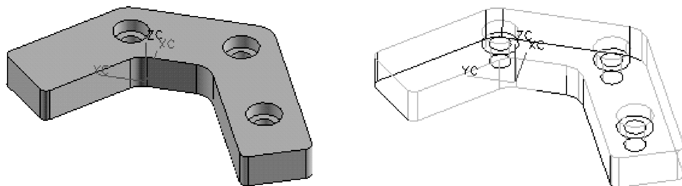



图 10-86　练习零件模型

练习步骤及要求如下。

- 设置 A3 图纸。
- 创建主视图、剖视图及轴侧图。
- 标注零件视图。

垫片零件工程图创建完成的结果如图 10-87 所示。

（2）创建多通管零件工程图，多通管零件模型如图 10-88 所示。

图 10-87 垫片零件工程图

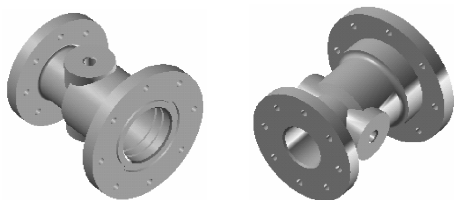


图 10-88 练习零件模型

练习步骤及要求如下。

- 设置 A2 图纸。
- 创建主视图、投影视图、剖视图及轴侧图。
- 标注零件视图。
- 文本注释。

多通管零件工程图创建完成的结果如图 10-89 所示。

图 10-89 多通管零件工程图

（3）创建齿轮轴零件工程图，齿轮轴零件模型如图 10-90 所示。

练习步骤及要求如下。

- 设置 A4 图纸。
- 创建主视图、剖视图及局部放大图。
- 工程图注释。
- 创建表格。
- 文本注释。

图 10-90 练习零件模型

最终齿轮轴零件工程图创建完成的结果如图 10-91。

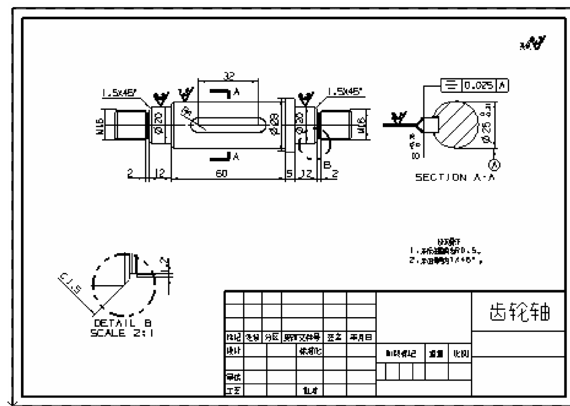



图 10-91 齿轮轴零件工程图

本书采用 UG NX 12 中文版本，全面介绍了 UG NX 12 的基础操作及其零件、曲面、装配、工程图、机构仿真、有限元分析等模块的具体应用和实战案例。

全书共 10 章，包括 UG 软件操作入门、草图设计、特征建模及变换、曲线及曲面设计、参数表达式建模、装配设计、机构动画与仿真分析、NX Nastran 有限元分析和工程图设计等章节。

本书的内容基本囊括了当前热门的设计与制造行业，实用性较强，能够让不同专业的读者都学习到所需的知识，掌握丰富的技能。

本书结构严谨，内容翔实，知识全面，可读性强，设计实例实用性、专业性强，步骤明确，是广大读者快速掌握 UG NX 12 中文版的实用指导书，也可当成大中专院校 UG 计算机辅助设计课程的培训教程。

**图书在版编目（CIP）数据**

中文版 UG NX 12 从入门到精通/史丰荣，孙岩志，徐宗刚编著．—北京：机械工业出版社，2018. 7

ISBN 978-7-111-60387-0

Ⅰ. ①中…　Ⅱ. ①史… ②孙… ③徐… Ⅲ. ①计算机辅助设计-应用软件　Ⅳ. ①TP391. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 150170 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：丁　伦　责任编辑：丁　伦
责任校对：丁　伦　封面设计：子时文化
责任印制：张　博
三河市宏达印刷有限公司印刷
2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
185mm × 260mm · 22 印张 · 543 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-60387-0
定价：79. 90 元（附赠海量资源，含教学视频）

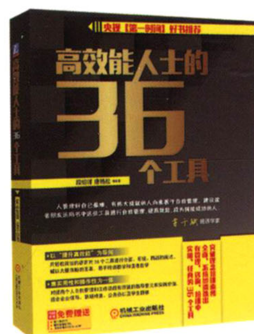
凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务　网络服务
服务咨询热线：010-88361066　机 工 官 网：www. cmpbook. com
读者购书热线：010-68326294　机 工 官 博：weibo. com/cmp1952
010-88379203　金 书 网：www. golden-book. com
**封面无防伪标均为盗版**　教育服务网：www. cmpedu. com

## 央视【第一时间】强力推荐
## 超多知名专家成就年度爆款

高效能即高产出或高产能。高效能人士则要兼顾产出和产能的平衡，是现代企业对人才需求的新标准。凡成大事者，无不是通过严格的自我管理才获得成功的。这里的自我管理也可理解为自我学习，只有这样才能形成良性的自我提升及可持续发展。

“高效能人士”系列丛书，完全针对职场工作和现实生活中的实际需求。根据不同行业、人群精炼出相应的方法、技巧和工具，从而解决实际工作中的困惑，在提高应用水平的同时还提升了工作效能。其中所列的方法、技巧、工具，对于管理者、培训学员还是职场人士都具有很大价值，帮助大家在职场和生活中充分挖掘自身潜力并提高效能。


















在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
豆 瓣 网：http://site.douban.com/139085/
读者信箱：cmp_itbook@163.com

## 专家团队

### 山东烟台工程职业技术学院

该学院是国家级高技能人才培训基地，中央财政支持的专业包括模具设计与制造、机电一体化技术、汽车检测与维修技术、高分子材料加工技术、机械制造与自动化、数控技术等。拥有山东省首席技师1名，山东省教学名师1名，山东省技术能手7名，高级技师122名，省级教学团队3个。

### 设计之门在线教育

该机构由专业从事CAD/CAM/CAE技术研究、开发、咨询及产品设计与制造服务的一线专家团队组成。与数十家知名大学有着深度合作关系，共同策划并编写了工业设计十二五高校规划教材，以及3C领域一系列畅销产品。同时，还于部分企业、院校设培训点，开创了校企联合、产学结合、在线教育等新型教育模式。

## 超值附赠资源


**以就业为导向**　设计之门联合山东烟台工程职业技术学院的职教团队，整合师资，提供免费模具设计插件和软件认证培训服务，直通行业人才库及就业服务。


**腾 讯 课 堂**　常年开设在线直播教学课程，同时开设录播多媒体视频教程，供购书读者畅享学习（搜索机构“设计之门”）。


**网 易 云 课 堂**　提供工业产品与机械设计领域的CAD/CAM/CAE类软件视频教学课程（搜索课程“设计之门”）。


**微 信 公 众 号**　在微信公众号平台中，提供免费云盘学习资料、前沿信息资讯，以及相关设计软件的图文课程。


机械工业出版社计算机分社官方微信

关注计算机分社官方微信，回复**60387**即可获取本书配套资源下载链接,并可获得更多增值服务和最新资讯。


地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机 工 官 网：www.cmpbook.com
机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
金 书 网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号


机工IT互联网工厂微信服务号

上架指导 计算机/辅助设计


ISBN 978-7-111-60387-0


策划编辑◎丁 伦 / 封面设计◎


ISBN 978-7-111-60387-0





定价：79.90 元
（附赠海量资源，含教学视频）